

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA
VICERRECTORÍA DE DOCENCIA
ESCUELA DE INGENIERÍA AGRÍCOLA



Informe de Trabajo Final de Graduación presentado a la
Escuela de Ingeniería Agrícola como requisito parcial para
optar al grado de Licenciado en Ingeniería Agrícola

MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD DE LA GRAMILLA EN EL ESTADIO
QUINCHO BARQUERO, MEDIANTE EL DISEÑO DEL SISTEMA DE RIEGO PARA
CAMPOS DEPORTIVOS PROFESIONALES EN PARAÍSO, CARTAGO

KATHERINE MONGE FERNÁNDEZ

CARTAGO, 2020

MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD DE LA GRAMILLA EN EL ESTADIO
QUINCHO BARQUERO, MEDIANTE EL DISEÑO DEL SISTEMA DE RIEGO PARA
CAMPOS DEPORTIVOS PROFESIONALES EN PARAÍSO, CARTAGO.

Katherine Monge Fernández

Informe de Trabajo Final de Graduación presentado a la
Escuela de Ingeniería Agrícola como requisito parcial para
optar al grado de Licenciado en Ingeniería Agrícola

Fernando Watson Hernández

Asesor

Isabel Guzmán Arias

Directora Escuela
Ingeniería Agrícola

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA

CARTAGO, COSTA RICA

2020

DEDICATORIA

Dedico especialmente este trabajo a mis padres María Isabel y Gerardo (qepd), por apoyarme e impulsarme en cada paso, por amarme, darme fuerza y creer siempre en mí, soy testigo de su esfuerzo y sacrificio, a mi papá que dedicó su vida para darle a nuestra familia lo mejor que pudo y que luchó porque sus hijos pudiesen tener estudio y una mejor vida que él, a mi mamá por ser comprensiva y ayudarme en todo lo que pudo desde lejos. A mis hermanos Lilia, Jacqueline y Rigoberto por apoyarme a lo largo de estos años.

AGRADECIMIENTOS

Doy gracias a Dios por permitirme vivir y disfrutar esta etapa, por guiar e iluminar mis pasos en momentos difíciles.

A Mauricio Cascante por su amor, perseverancia, apoyo incondicional y recordarme siempre que debo seguir adelante y ser mejor cada día y su madre Grettel Marín por apoyarme y preocuparse por mí en cada examen, trabajo y momento que enfrenté, por ser mi segunda familia cuando viví en Cartago y aceptarme en su hogar con mucho amor.

A Lorena Cerdas, gerente del Dpto. de Riego en Durman por permitirme desarrollar mi proyecto en la empresa y aconsejarme en el proceso, a Ignacio Mena quien me asesoró en cada paso de este proyecto y compartir su conocimiento profesional conmigo, a mis compañeros Rebeca Carvajal y Esteban Solís por su ayuda y disposición cada vez que tuve dudas.

A mis profesores, especialmente a Fernando Watson por su dedicación como profesor y creer en mí como estudiante y profesional, y a todos los profesores que han formado parte de mi carrera universitaria, Isabel Guzmán y Marvin Villalobos quienes siempre han incentivado a los estudiantes a ser mejores y exigirnos la calidad que demanda ser un estudiante de Ingeniería Agrícola del Tecnológico de Costa Rica.

A mis amigos con quienes pasé noches y días de estudio especialmente Nataly y Nancy por ayudarme a ser mejor estudiante, desde el primer trabajo que compartí con ellas me ayudaron a cambiar y ser mejor con cada tarea o proyecto, y con el paso de los días se convirtieron en mis amigas. A Karen, Daniela y Leo por permitirme conocerlos y formar una linda amistad. A Sharon con quien viví todos estos años de universidad y se convirtió en una gran amiga, quien lograba desconectarme del estudio para ver una película y distraernos un poco del estrés de la universidad.

ÍNDICE DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	16
2. OBJETIVOS.....	19
2.1. Objetivo general	20
2.2. Objetivos específicos	20
3. REVISIÓN DE LITERATURA	21
3.1. Generalidades sobre las canchas de fútbol.....	22
3.1.1. Requerimientos del terreno de juego	22
3.1.1.1. Dimensiones.....	22
3.1.1.2. Terreno de juego con césped natural.....	23
3.1.1.3. Terreno de juego con césped sintético	24
3.2. Generalidades sobre el cultivo o grama	24
3.2.1. Césped natural.....	24
3.2.2. Corte del césped.....	25
3.2.3. Condiciones climáticas	25
3.2.4. Especie de grama	27
3.2.4.1. Especies para clima medio y cálido	28
3.2.4.2. Especies para clima frío	29
3.2.5. Fertilización	29
3.2.5.1. Disponibilidad de agua.....	30
3.2.5.2. Cantidad de materia orgánica.....	30
3.2.6. Evapotranspiración	30
3.2.6.1. Variables climáticas	31
3.2.6.2. Coeficiente de cultivo (Kc)	31
3.2.7. Infiltración	32
3.3. Generalidades del riego.....	35

3.3.1.	Riego a presión	35
3.3.1.1.	Riego por aspersión.....	35
3.3.1.2.	Componentes del riego por aspersión	36
3.3.1.3.	Ventajas del riego por aspersión	47
3.4.	Diseño hidráulico	47
3.4.1.	Rugosidad en tubería	48
3.4.2.	Velocidad de flujo en conductos cerrados	48
3.4.3.	Pérdidas por fricción y presiones admisibles en múltiple y laterales	49
3.4.4.	Pérdida de carga en accesorios	50
3.4.5.	Tubería de conducción principal.....	51
3.4.6.	Equipo de bombeo	51
4.	METODOLOGÍA.....	53
4.1.	Evaluación de las condiciones de la cancha de fútbol	54
4.1.1.	Determinación de las dimensiones del terreno mediante GPS	54
4.1.2.	Trazo de tubería	54
4.2.	Diseño del sistema de riego.....	55
4.2.1.	Selección del aspersor.....	55
4.2.1.1.	Presión de operación	55
4.2.1.2.	Boquillas	55
4.2.2.	Ubicación de los aspersores.....	56
4.2.3.	Diseño hidráulico.....	56
4.2.3.1.	Lateral de riego	56
4.2.3.2.	Tubería principal y múltiple.....	57
4.2.3.3.	Presión admisible	58
4.2.3.4.	Presión a la entrada del lateral	58
4.2.3.5.	Presión a la entrada de la múltiple	59
4.2.3.6.	Presión distal.....	59
4.2.4.	Selección de electroválvulas y filtro	60
4.2.5.	Elección de la bomba.....	60

4.2.8.	Automatización del sistema	62
4.2.8.1.	Selección del sensor de lluvia	62
4.2.8.2.	Selección del control	62
4.2.8.3.	Selección del cableado eléctrico	62
4.2.8.4.	Programación del sistema	62
4.2.9.	Modelación en WaterCAD	63
4.3.	Análisis económico	63
4.4.	Análisis ambiental	63
4.5.	Análisis social	64
4.6.	Diferencias generales entre las propuestas de diseño	64
4.6.1.	Marca y modelo de aspersor	64
4.6.2.	Trazado de tubería	64
4.6.3.	Diámetros de tubería seleccionada	64
4.6.4.	Electroválvulas y filtro.....	65
4.6.5.	Automatización	65
4.6.6.	Propuestas económicas	65
5.	RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	66
5.1.	Evaluación de las condiciones de la cancha de fútbol	67
5.2.	Diseño de riego 1	67
5.2.1.	Diseño Hidráulico	67
5.2.1.1.	Selección y distribución de aspersores.....	67
5.2.1.2.	Trazo de tuberías y distribución de válvulas.....	70
5.2.1.4.	Diseño de tubería principal y múltiple	72
5.2.1.5.	Presión admisible	74
5.2.1.6.	Presión a la entrada del lateral	74
5.2.1.7.	Presión a la entrada de la múltiple	75
5.2.1.8.	Presión distal	75
5.2.1.9.	Diferencia de presión entre el primer y último aspersor	76

5.2.2.	Selección de electroválvulas y filtro	76
5.2.3.	Elección de la bomba	78
5.2.4.	Tiempo de riego y lámina a aplicar	80
5.2.5.	Volumen del tanque	82
5.2.6.	Automatización del sistema	82
5.2.6.1.	Selección del sensor de lluvia y módulo de wifi	82
5.2.6.2.	Selección del control	83
5.2.6.3.	Selección de cableado eléctrico	83
5.2.6.4.	Programación del sistema	84
5.2.7.	Modelación del sistema con el software WaterCAD	85
5.2.7.1.	Velocidades del sistema	85
5.2.7.2.	Presiones del sistema.....	86
5.3.	Diseño de riego 2	88
5.3.1.	Diseño hidráulico	88
5.3.1.1.	Selección y distribución de aspersores.....	88
5.3.1.2.	Trazo de tuberías y distribución de válvulas.....	91
5.3.1.3.	Diseño de laterales	91
5.3.1.4.	Diseño de tubería principal y múltiple	93
5.3.1.5.	Presión admisible	95
5.3.1.6.	Presión a la entrada del lateral.	95
5.3.1.7.	Presión a la entrada de la múltiple	96
5.3.1.8.	Presión distal	96
5.3.1.9.	Diferencia de presión entre el primer y último aspersor	97
5.3.2.	Selección de válvulas y filtro	97
5.3.3.	Elección de la bomba	99
5.3.4.	Tiempo de riego y lámina a aplicar	101
5.3.5.	Volumen del tanque	103
5.3.6.	Automatización del sistema	103
5.3.6.1.	Selección del sensor de lluvia	103
5.3.6.2.	Selección del control	103

5.3.6.3. Selección de cableado	104
5.3.6.4. Programación del sistema	104
5.3.7. Modelación del sistema con el software WaterCAD.....	106
5.3.7.1. Velocidades del sistema	106
5.3.7.2. Presiones del sistema.....	107
5.4. Análisis económico	108
5.5. Análisis ambiental.....	111
5.6. Análisis social	113
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	114
7. BIBLIOGRAFÍA	117

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Dimensiones establecidas para el terreno de juego de un campo deportivo profesional.	23
Cuadro 2. Temperaturas y precipitaciones promedio (1982-2012).	26
Cuadro 3. Porcentaje de aplicación del riego en función de los meses y condición climática.	27
Cuadro 4. Evapotranspiración según tipo de clima.	30
Cuadro 5. Reducción del traslape en función de la velocidad del viento.	42
Cuadro 6. Coeficiente de rugosidad para diferentes materiales de tubería.	48
Cuadro 7. Velocidad media más económica según Richter.	49
Cuadro 8. Datos de las boquillas seleccionadas del aspersor Rain Bird 8005.	68
Cuadro 9. Determinación de pérdidas por fricción primarias en el lateral más crítico.	72
Cuadro 10. Determinación de diámetro y pérdidas por fricción de la múltiple y principal. ...	73
Cuadro 11. Pérdidas por fricción totales.	73
Cuadro 12. Presión admisible (P_{ad}).	74
Cuadro 13. Presión a la entrada del lateral ($P_{e\ lat}$).	74
Cuadro 14. Presión a la entrada de la múltiple ($P_{e\ v}$).	75
Cuadro 15. Presión distal (P_d).	75
Cuadro 16. Diferencia de presión entre el primer y último aspersor.	76
Cuadro 17. Pérdidas por fricción electroválvula P220 Toro.	77
Cuadro 18. Carga Dinámica Total diseño 1.	78
Cuadro 19. Sistema de bombeo Franklin Electric (FE) 5HP.	79
Cuadro 20. Tiempo de riego diseño 1.	81
Cuadro 21. Volumen de tanque requerido.	82
Cuadro 22. Programación del sistema de riego diseño 1.	84
Cuadro 23. Datos de las boquillas seleccionadas del aspersor TS90.	88
Cuadro 24. Determinación de pérdidas por fricción en el lateral más crítico.	93
Cuadro 25. Determinación de diámetro y pérdidas por fricción en la múltiple y principal. ...	94
Cuadro 26. Pérdidas por fricción totales.	94
Cuadro 27. Presión admisible (P_{ad}).	95

Cuadro 28. Presión a la entrada del lateral ($P_{e\text{ lat}}$).....	95
Cuadro 29. Presión a la entrada de la múltiple ($P_{e\text{ v}}$).....	96
Cuadro 30. Presión distal (P_d).	96
Cuadro 31. Diferencia de presión entre el primer y último aspersor.	97
Cuadro 32. Pérdidas por fricción electroválvula P220 diseño 2.	98
Cuadro 33. Carga Dinámica Total diseño 2.....	99
Cuadro 34. Sistema de bombeo Franklin Electric (FE) 7HP.....	100
Cuadro 35. Tiempo de riego diseño 2.....	102
Cuadro 36. Programación del sistema de riego diseño 2.....	105
Cuadro 37. Período de recuperación diseño 1 y 2.	110

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Dimensiones establecidas para el terreno de juego de una cancha de fútbol.	23
Figura 2. Cálculo evapotranspiración real.	32
Figura 3. Curvas de infiltración según textura de suelo.	33
Figura 4. Selección de terreno de juego.	34
Figura 5. Funcionamiento de riego por aspersión mediante gravedad y bombeo.	36
Figura 6. Visualización interna aspersor rotor para campos deportivos.	40
Figura 7. Distribución de aspersores marco cuadrado.	40
Figura 8. Distribución de aspersores marco rectangular.	41
Figura 9. Distribución de aspersores marco triangular.	41
Figura 10. Representación gráfica de la colecta de agua para el cálculo de pluviometría.	42
Figura 11. Esquema del funcionamiento de una electroválvula.	44
Figura 12. Relaciones de presiones y pérdidas en laterales.	50
Figura 13. Ubicación Estadio Quincho Barquero.	54
Figura 14. Dimensiones de la cancha de fútbol.	67
Figura 15. Traslape de aspersores diseño 1.	69
Figura 16. Trazo de tubería principal, múltiple y lateral de riego.	71
Figura 17. Pérdida de carga en filtro manual de 50 mm.	78
Figura 18. Curva característica de la bomba y potencia FE 5HP.	80
Figura 19. Tiempos de riego diseño 1.	84
Figura 20. Velocidades obtenidas mediante simulación hidráulica.	86
Figura 21. Presiones obtenidas mediante simulación hidráulica.	87
Figura 22. Traslape de aspersores diseño 2.	90
Figura 23. Trazo de tubería principal, múltiple y lateral de riego.	92
Figura 24. Pérdida de carga en filtro manual de 75 mm.	99
Figura 25. Curva característica de la bomba y potencia 7HP.	101
Figura 26. Tiempos de riego diseño 2.	104
Figura 27. Velocidades obtenidas mediante simulación hidráulica.	106
Figura 28. Presiones obtenidas mediante simulación hidráulica.	107

Figura 29. Oferta económica diseño 1.	108
Figura 30. Oferta económica diseño 2.	109

RESUMEN

El proyecto realizado se orientó en el diseño de dos propuestas para un sistema de riego por aspersión en campos deportivos profesionales para el Estadio Quincho Barquero de Paraíso, Cartago, por solicitud de un cliente hacia la empresa Durman Esquivel S.A. El área a regar consta de 7500 m², el riego a implementar contempla los aspectos climáticos de la zona y debe suplir la pérdida por evapotranspiración diaria del sitio, mediante el inventario y asesoría de la empresa se determinaron los aspersores a utilizar en el trabajo; haciendo uso del aspersor marca Rain Bird 8005 para el diseño 1 y el aspersor Toro TS90 para el diseño 2, asegurando que su pluviometría esté por debajo de la capacidad de infiltración del campo deportivo, el diseño hidráulico en ambas propuestas fue dispuesto de manera que brinde ahorro económico al cliente y estabilidad hidráulica al sistema, la implementación de automatización del diseño fue requerido por el cliente, por lo que ambas propuestas incluyen los elementos necesarios para lograrlo. Como parte de las propuestas se realizó una simulación hidráulica por medio del software WaterCAD en cada uno de los diseños agregando valor al proyecto y verificando de esta manera las presiones del sistema. Las propuestas obtenidas se presentaron a través de ofertas económicas al cliente resultando económicamente más viable el sistema de riego del diseño 1.

Palabras clave

Campos deportivos, aspersión, pluviometría, diseño hidráulico, simulación hidráulica.

ABSTRACT

The project carried out was oriented in the design of two proposals for a sprinkler irrigation system in professional sports fields for the Quincho Barquero Stadium in Paraíso, Cartago, at the request of a client to the company Durman Esquivel S.A., the area to be irrigated consists of 7,500 m², the irrigation to be implemented contemplates the climatic aspects of the area and must supply the loss due to daily evapotranspiration of the site, through the inventory and advice of the company the sprinklers to be used at work were determined; making use of the Rain Bird 8005 brand sprinkler for design 1 and the Toro TS90 sprinkler for design 2, ensuring that its pluviometry is below the infiltration capacity of the sports field, the hydraulic design in both proposals was arranged to provide economic savings to the customer and hydraulic stability to the system, the implementation of design automatization was required by the customer, so both proposals include the necessary elements to achieve it. As part of the proposals, a hydraulic simulation was carried out using the WaterCAD software in each of the designs, adding value to the project and thus verifying the pressures of the system. The proposals obtained were presented through economic offers to the client, making the irrigation system of design 1 more economically viable.

Keywords

Sports fields, sprinklers, pluviometry, hydraulic design, hydraulic simulation.

1. INTRODUCCIÓN

El proyecto final de graduación “Mejoramiento de la calidad de la gramilla en el Estadio Quincho Barquero, mediante el diseño del sistema de riego para campos deportivos profesionales”, se desarrolló en la localidad de Paraíso de Cartago, la cual cuenta con una altitud media de 1870 m.s.n.m, una temperatura media anual de 18,6 °C y una precipitación media de 1561 mm al año. Actualmente el estadio posee una capacidad de 2500 espectadores, es utilizado por el equipo de fútbol Paraíso Total en la primera división de la Liga Nacional de Fútbol Aficionado (LINAFA) (Soccerway, 2020).

La administración de la Municipalidad de Paraíso requiere evaluar una propuesta sobre la implementación de un sistema de riego para la gramilla del campo deportivo, para lo cual solicitó el servicio a la empresa Durman Esquivel S.A., para realizar una propuesta económica por el diseño de riego, la empresa cuenta con su propio departamento de riego especializado con profesionales en el tema, este proyecto se enfoca a nivel comercial según las estipulaciones y disposiciones de la empresa.

La superficie de juego de un campo deportivo debe representar un espacio que le permita al jugador sentir comodidad, evitar lesiones absorbiendo impactos y mejorando la fricción y tracción sobre la superficie de juego, por lo que el control del césped por medio de un sistema de riego evita problemas de deficiencia de agua que perjudican el aspecto de la hierba y que a la vez influye en el endurecimiento del terreno, afectando el rodamiento del balón y la fluidez de juego por parte de los jugadores de fútbol (Plantae, 2019).

El Estadio Quincho Barquero, al no contar un sistema de riego establecido ha generado dificultades técnicas en su cancha de fútbol, como lo son el impedimento de la realización de actividades culturales y deportivas, además del deterioro de su gramilla, por lo que se requiere proveer al estadio con el diseño de riego, el cual mejore la calidad de la gramilla del estadio, además aumentaría la vida útil de superficie de juego, lo que generaría mayor estabilidad económica para la zona de Paraíso de Cartago, debido a las actividades a realizar en dicho campo deportivo.

El diseño del sistema de riego permitirá aumentar la comodidad para quienes lo usan (en el caso de zonas deportivas para los jugadores), haciendo que la superficie sea más fina y flexible, y reduciendo el número de lesiones, también reduce la temperatura en el área de juego.

Dependiendo del clima puede llegar a reducir hasta en un 33% la temperatura de la superficie, por ello es de gran importancia su implementación, a nivel comercial el sistema de riego permite mejorar la estética de la gramilla, lo que favorece a su número de espectadores (Municipalidad de Pérez Zeledón, 2019).

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

- Mejorar la calidad de la gramilla del Estadio Quincho Barquero ubicado en Paraíso de Cartago, mediante el diseño del sistema de riego con la integración de componentes tecnológicos.

2.2. Objetivos específicos

- Diseñar dos propuestas del sistema de riego con la integración de sensores remotos y controladores que permitan funcionamiento óptimo del sistema.
- Crear una herramienta de simulación hidráulica que le permita al cliente generar diversos escenarios de utilización del sistema de riego, mostrando diámetros, caudal, velocidades y presiones del sistema.
- Analizar la viabilidad económica, ambiental y social de cada propuesta de diseño del sistema de riego.

3. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1. Generalidades sobre las canchas de fútbol

El fútbol es el deporte más popular a nivel mundial, se atribuye a nivel deportivo, social, económico y político, es uno de los deportes con mayor contribución económica, por su popularidad en regiones como Europa, Asia, Latinoamérica, entre otros. El diseño de un estadio de fútbol conlleva una serie de requerimientos indispensables y necesarios para el óptimo funcionamiento del estadio, entre ellos la ubicación, orientación del terreno de juego, compatibilidad ambiental, normas de seguridad y comodidad, comunicación dentro y fuera del estadio, área verde y terreno de juego (gramilla), vestuarios, servicios higiénicos, entre otros aspectos (Arango, 2015).

3.1.1. Requerimientos del terreno de juego

Según la Federación Internacional de Fútbol conocida por sus siglas como la FIFA (2011), la gramilla de fútbol o terreno de juego representa uno de los aspectos con mayor importancia, el terreno de juego deberá ser completamente nivelado, su superficie deberá ser de césped natural, aunque existen gramillas sintéticas, este debe permanecer en perfectas condiciones, y deberá contar con un sistema de riego eficiente para el clima seco, en regiones de clima frío se deberá instalar un sistema de calefacción subterráneo para evitar que el terreno de juego se congele, además, todo terreno de juego deberá disponer de un sistema de drenaje que pueda prevenir al máximo cualquier riesgo de inundación.

3.1.1.1. Dimensiones

Según la FIFA (2011), las reglas de juego estipulan dimensiones máximas y mínimas del terreno de juego, sin embargo, se recomienda la extensión del área verde debido a la demarcación, espacio y desplazamiento de personas dentro de la gramilla, así como la seguridad de las mismas, las dimensiones establecidas se observan en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Dimensiones establecidas para el terreno de juego de un campo deportivo profesional.

Dimensiones del terreno de juego	Longitud (m)	Ancho (m)
Máximo	120	90
Mínimo	90	45

Fuente: FIFA, 2011

En la Figura 1 se observan las dimensiones y medidas adicionales con las que debe contar un terreno de juego.

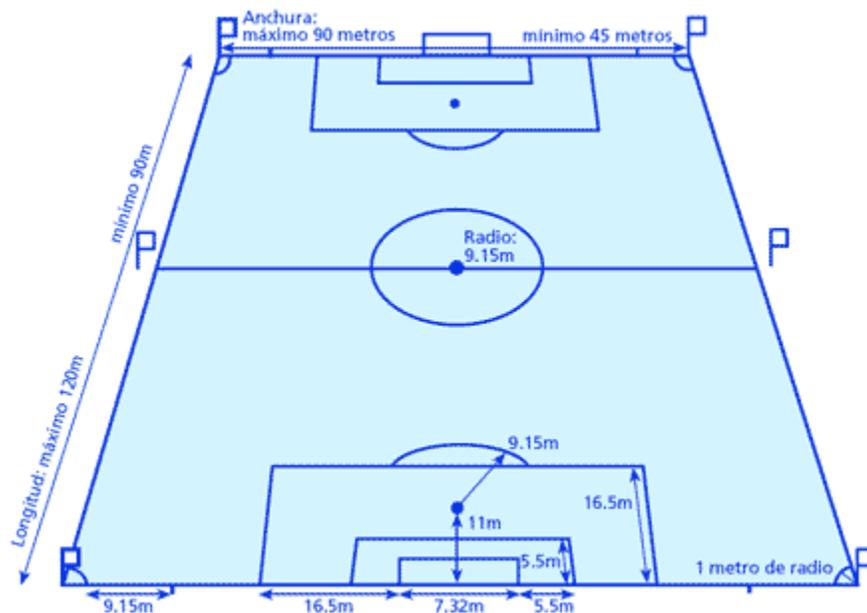


Figura 1. Dimensiones establecidas para el terreno de juego de una cancha de fútbol.

Fuente: (FIFA, 2011)

3.1.1.2. Terreno de juego con césped natural

Según la FIFA (2011), el diseño del terreno será específico de cada lugar y deberá elaborarse acorde a las particularidades del estadio. La mayoría de los nuevos terrenos de juego con césped natural requieren un drenaje y un perfil de suelo diseñados específicamente, que aseguren unas condiciones de juego satisfactorias durante toda la temporada de competición y que cumplan su función correctamente en el entorno propuesto, pueden estar compuestos por arena pura, tierra

vegetal, mezclas de arena-enmienda orgánica, arena-tierra, o en algunos casos por otros materiales, un sistema de drenaje y un sistema de riego eficiente que provea los requerimientos hídricos del gramado.

3.1.1.3. Terreno de juego con césped sintético

Según la FIFA (2011), el césped sintético se ha convertido en una superficie de juego aceptable para el fútbol, ya que los esfuerzos de desarrollo han permitido crear una alfombra de césped especialmente diseñada para este deporte. Actualmente se cuenta con superficies de césped sintético que permiten a los futbolistas jugar de manera dinámica y segura.

3.2. Generalidades sobre el cultivo o grama

3.2.1. Césped natural

El césped se define como; hierba, pasto o grama a una docena de especies de gramíneas (*Familia Poaceae*) que crecen formando una cubierta densa. Se utilizan como plantas ornamentales en prados y jardines o como terreno para la práctica de diversos deportes y actividades recreativas.

El crecimiento y salud de los céspedes está influenciado por el ambiente que se encuentra sobre y alrededor de los brotes del césped, la calidad agronómica del sustrato, prácticas culturales, plagas y los seres humanos. Las condiciones atmosféricas que afectan al césped son el resultado de las variaciones climáticas diarias, en las que se ve incluidas la temperatura, humedad, luz, viento y la cantidad de luz que incide sobre el césped este se ve influenciado por muchos factores del entorno como lo son las nubes, edificios y árboles. El césped localizado bajo sombra exhibe un crecimiento mediocre, por lo que muchas veces requiere luz artificial, dependiendo de la zona y ubicación del sitio se considera tomar medidas en cuanto a la incidencia de luz sobre el césped. El entorno biótico que influye en la salud y el crecimiento de los céspedes está compuesto por las prácticas culturales, plagas y uso generado por los seres humanos, las prácticas culturales requeridas incluyen el corte de los céspedes, fertilización,

riego, aireación, resiembra, tratamiento de plagas y uso de reguladores de crecimiento vegetal, para un estado de condiciones óptimas del césped (STMA, 2012).

3.2.2. Corte del césped

El corte del césped es requerido para el mantenimiento ya que mantiene el crecimiento uniforme y dentro de los límites especificados, controla la vegetación indeseable y proporciona un crecimiento denso, cada especie de césped tiene un rango de tolerancia al corte que indica las alturas mínimas y máximas que cada especie tolera. En Costa Rica la especie de césped comúnmente utilizada es el bermuda grass ya que es la especie que mejor se adapta al clima por poseer condiciones cálidas, por lo que la altura de corte recomendada es entre 13 mm y 51 mm, en campos de fútbol de alto mantenimiento lo ideal es que el rodamiento del balón sea más rápido por lo que al mantener alturas de césped altas la velocidad de rodamiento se va a ver afectada siendo más lenta, por lo que administradores recomiendan una altura inferior a 28 mm independientemente del tipo de césped, para ello se determinan las necesidades del usuario, clima apropiado y necesidades de mantenimiento (fertilización, riego, aireación, resiembra, tratamiento de plagas) (STMA, 2012).

3.2.3. Condiciones climáticas

Las condiciones climáticas dependen de la ubicación, influye directamente sobre el crecimiento del césped y el desarrollo del mismo. Las características climáticas de una zona deben analizarse en relación con las necesidades de las plantas que se intentan cultivar. El césped de climas cálidos crece activamente durante el verano, por lo tanto, en esta época se incrementa la frecuencia del corte de césped. La frecuencia de corte en estaciones cálidas disminuye durante temperaturas más frescas debido a una reducción del crecimiento (STMA, 2012).

Costa Rica cuenta con un clima cálido (tropical), los climas tropicales se encuentran cercanos a la línea ecuatorial, toda región cercana a esta línea presenta una temperatura un poco variable alrededor de los 22 °C, ya que el sol presenta mayor influencia sobre estas zonas durante el año. El sitio de desarrollo de este proyecto es la provincia de Cartago la cual presenta un clima

templado y cálido. La temperatura promedio es de 18,6 °C, en el mes de abril se obtiene una temperatura promedio de 19,5 °C, siendo este el mes más cálido, mientras que en enero se obtiene en promedio 17,7 °C, siendo el mes más frío. En un año la precipitación promedio es de 1561 mm. El mes más seco proveniente a esta provincia es el mes de marzo, la mayor parte de la precipitación recae en el mes de septiembre. En el Cuadro 2 se observan las temperaturas y precipitaciones obtenidas promedio para una base de datos de 1982 al 2012 (Climate Data, 2012).

Cuadro 2. *Temperaturas y precipitaciones promedio (1982-2012).*

Mes	Temperatura máx (°C)	Temperatura media (°C)	Temperatura min (°C)	Precipitación (mm)
Enero	22,7	17,7	12,7	44
Febrero	23,5	18,2	12,9	26
Marzo	24,4	18,9	13,4	18
Abril	24,7	19,5	14,3	45
Mayo	24,4	19,3	14,3	186
Junio	23,6	18,8	14	214
Julio	23,5	18,9	14,3	141
Agosto	23,7	18,8	13,9	178
Septiembre	23,8	18,7	13,6	250
Octubre	23,2	18,4	13,6	248
Noviembre	22,5	17,9	13,3	133
Diciembre	22,5	17,7	12,9	78

Fuente: Climate Data, 2012

Según Ignacio Mena diseñador profesional de riego en campos deportivos representante de la Empresa Durman Esquivel S.A. by Aliaxis, conociendo las condiciones climáticas promedio para la zona de Cartago, el riego a lo largo del año debe implementarse constantemente, reduciendo en los meses de mayor incidencia de precipitaciones. En el Cuadro 3 se observa el porcentaje de aplicación del riego según los meses.

Cuadro 3. *Porcentaje de aplicación del riego en función de los meses y condición climática.*

Mes	Porcentaje de riego (%)
Enero	100
Febrero	100
Marzo	100
Abril	100
Mayo	80
Junio	80
Julio	80
Agosto	80
Septiembre	80
Octubre	50
Noviembre	50
Diciembre	85

Fuente: Ignacio Mena, 2020

El viento es una variable climática que afecta a los sistemas de riego, específicamente en su uniformidad de reparto o traslape, en Cartago la velocidad promedio del viento por hora posee variaciones estacionales leves durante el transcurso del año, la velocidad promedio es de 3,9 km/h. El período más tranquilo del año tiene una duración de 8 meses (Weather Spark, 2020).

3.2.4. Especie de grama

Según STMA (2012), de las condiciones climáticas dependerá en gran medida la especie de césped a utilizar, la utilización de una especie de grama en un campo deportivo va a depender principalmente de la adaptabilidad en el medio (clima), las exigencias físicas a la que va estar sometido y características edáficas del sitio.

Según Corrales y Loaiza (2008), existe una diversidad de especies que varía de acuerdo a las condiciones climáticas en las que se destacan las siguientes.

3.2.4.1. Especies para clima medio y cálido

Aquellas que se adaptan bien entre 0 y 1800 m.s.n.m. Estas especies cespitosas se caracterizan por soportar extraordinariamente las condiciones de aridez, llegando a tolerar la salinidad, lo que las hace idóneas para utilizarlas en las zonas costeras, entre estas:

a) Bermuda Grass (*Cynodon dactylon*)

Se reproduce vegetativamente por medio de estolones. Su sistema radicular es fuerte. Especie extremadamente rústica y agresiva, siendo capaz de colonizar cualquier tipo de suelo. Es resistente a la sequía, pero no soporta bien las heladas, prefiere el calor excesivo. Prospera en terrenos pobres y arenosos. Estas características lo hacen ideal para cubrir grandes extensiones de terreno y su uso está recomendado para campos deportivos o parques públicos donde va a soportar un alto tránsito y pisoteo.

b) Pasto Bahía (*Paspalum notatum*)

Especie rizomatosa de textura grosera. Se adapta especialmente a climas cálidos y húmedos. Soporta todo tipo de suelos. Sus necesidades de riego y fertilización son muy bajas.

c) Kikuyu (*Pennisetum clandestinum*)

Se reproduce vegetativamente por medio de rizomas y estolones. Especie muy agresiva. Forma un césped denso y tupido. Puede cultivarse en las zonas costeras.

d) Zoysia japónica (*Zoysia sp*)

Césped de zonas templadas que se instala con lentitud, pero cuando lo hace mediante estolones es de forma definitiva. Compite con las malas hierbas al colonizar completamente el terreno (Corrales & Loaiza, 2008).

3.2.4.2. Especies para clima frío

Aquellas que se adaptan bien de 1800 m.s.n.m en adelante, entre estas se destacan las siguientes:

- a) Pasto Azul (*Poa pratensis*)
- b) Raigrases (*Lolium sp*)
- c) Festucas (*Festuca spp*)
- d) Agrostis (Bentagras) (*Agrostis stolonifera*)
- e) Pasto Azul anual (*Poa annua*)
- f) Triguillo (*Agropyron smithis*)
- g) Timothy (*Phleum pratense*)
- h) Pasto Buffalo (*Buchloc dactyloides*)
- i) Kikuyu (*Pennisetum clandestinum*)

3.2.5. Fertilización

Según STMA (2012), el suministro de nutrientes es requerido para el estado óptimo del césped, los macronutrientes más importantes y necesarios para el crecimiento sano de los céspedes son el nitrógeno (N), el fósforo (P) y el potasio (K). El nitrógeno aporta el color verde a las hojas del césped, aumenta el crecimiento general de las hojas, brotes, raíces, estolones y rizomas, incrementa la densidad del césped, mejora la tolerancia a las condiciones meteorológicas, mejora la tolerancia de desgaste, reduce la susceptibilidad a la invasión de malezas, insectos, y algunas enfermedades y proporciona un mejor potencial reconstituyente.

Según Peñapareja, Merino y Ansorena (2017), el suelo es la base de para el crecimiento de las plantas verdes, que producen materia orgánica por el proceso de fotosíntesis. Para que el suelo produzca plantas debe tener ciertas condiciones, que se conocen como fertilidad, que depende de varios factores, las cuales se mencionan a continuación.

3.2.5.1. Disponibilidad de agua

Los suelos sin agua, como en los desiertos, no pueden hacer crecer las plantas por la falta de este elemento esencial. La cantidad del agua también es importante.

El espesor del suelo útil: Se refiere a la capa de materiales sueltos, o sea los horizontes O, A y B. La falta de los horizontes O o A significa que los suelos son pobres en materia orgánica y, en consecuencia, de poca fertilidad.

3.2.5.2. Cantidad de materia orgánica

Los organismos vivos del suelo juegan un rol muy importante en la transformación de la materia orgánica. Su presencia es indispensable para la fertilidad de los suelos. Cuando el suelo se contamina, por exceso de pesticidas y fertilizantes químicos, los organismos vivos se reducen o mueren, lo que afecta la fertilidad (Peñapareja, et al, 2017).

3.2.6. Evapotranspiración

Según STMA (2012), la cantidad de agua que una planta necesita es la suma de la cantidad perdida a través de la evaporación de la humedad en la superficie del suelo y la transpiración del agua a través de la planta. Esta pérdida de agua es también conocida como evapotranspiración. En clima seco el césped comúnmente pierde más de 10 mm de agua al día por evapotranspiración, en clima frío pierden entre 5 y 7 mm por día. En el Cuadro 4 se pueden observar las tasas potenciales de evapotranspiración según los diversos climas.

Cuadro 4. Evapotranspiración según tipo de clima.

Tipo de Clima	Pérdida Diaria (mm)
Húmedo Fresco (temperatura alta promedio a mitad de verano <21°C; humedad relativa >50% a mitad de verano)	2,5-4
Fresco Seco (temperatura alta promedio a mitad de verano <21°C; humedad relativa <50% a mitad de verano)	4-5
Húmedo Cálido (temperatura alta promedio a mitad de verano entre 21-32°C; humedad relativa >50% a mitad de verano)	4-5

Tipo de Clima	Pérdida Diaria (mm)
Seco Cálido (temperatura alta promedio a mitad de verano entre 21-32°C; humedad relativa <50% a mitad de verano)	5-6
Húmedo Caliente Fresco (temperatura alta promedio a mitad de verano >32°C; humedad relativa >50% a mitad de verano)	5-7,5
Caliente Seco (temperatura alta promedio a mitad de verano >32°C; humedad relativa <50% a mitad de verano)	7,5-10

Fuente: STMA, 2020

3.2.6.1. Variables climáticas

Según La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, mundialmente conocida como la FAO (2020), existen variables climáticas que afectan la evapotranspiración como lo son la radiación, la temperatura del aire, la humedad atmosférica y la velocidad del viento. Se han creado procedimientos para la determinación de la evaporación a partir de estos parámetros. La fuerza evaporativa de la atmósfera puede ser expresada por la evapotranspiración del cultivo de referencia (ET_o) que representa la pérdida de agua de una superficie cultivada estándar con un cultivo hipotético de pasto con características específicas.

3.2.6.2. Coeficiente de cultivo (K_c)

Las diferencias entre evaporación y transpiración del cultivo de referencia con respecto a un cultivo en particular son integradas en un factor conocido como coeficiente del cultivo (K_c).

El coeficiente K_c permite calcular el consumo de agua o evapotranspiración real de un cultivo a partir de la evapotranspiración de referencia, basados en la información meteorológica medida a nivel local como se observa en la Figura 2.

En el caso del césped bermuda grass el K_c es de 1 por lo que la evapotranspiración del cultivo de referencia posee un valor similar a la evapotranspiración real (FAO, 2020). En la Figura 2 se observa el cálculo de evapotranspiración real.

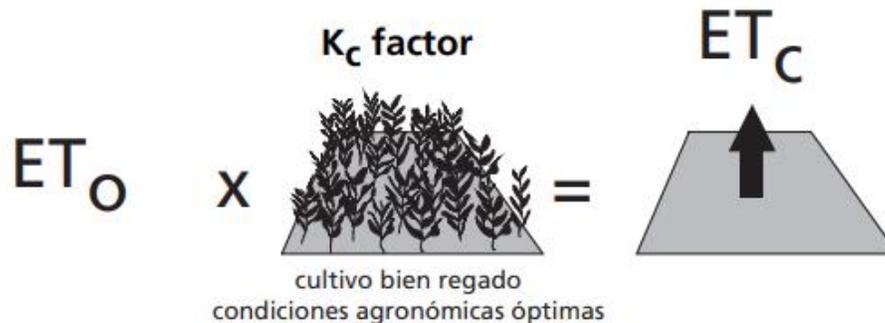


Figura 2. Cálculo Evapotranspiración real.

Fuente: FAO (2020)

3.2.7. Infiltración

Según Pizarro, Flores, Sangüesa y Martínez (2005), la infiltración del agua en un perfil de suelo posee un rol fundamental en los procesos de escorrentía como respuesta a una precipitación dada. La infiltración se define como el proceso por el cual el agua penetra por la superficie del suelo y llega hasta sus capas inferiores.

La velocidad de infiltración representa gran importancia en el proceso, dado que determina la cantidad de agua de escurrimiento, detectando riesgos de erosión producto de lluvias intensas y facilitando la determinación de tiempos de riego, y los diseños de los sistemas en cuanto al tamaño de las unidades superficiales y los caudales a utilizar (Pizarro, et al, 2005).

Según Pizarro, et al, (2005) la capacidad de infiltración conocida también como “infiltrabilidad del suelo” es el flujo que el perfil del suelo puede absorber a través de su superficie, cuando es mantenido en contacto con el agua a la presión atmosférica. Mientras la velocidad de aporte de agua a la superficie del suelo sea menor que la infiltrabilidad, el agua se infiltra tan rápidamente como es aportada y la velocidad de aporte determina la velocidad de infiltración.

Un suelo tipo arenoso posee mayor capacidad de infiltración, como se observa en la Figura 3 durante el ciclo de riego la velocidad de infiltración decae conforme aumenta el tiempo de

riego, en el caso del suelo tipo arenoso en sus condiciones máximas decae un 50% de su condición original.

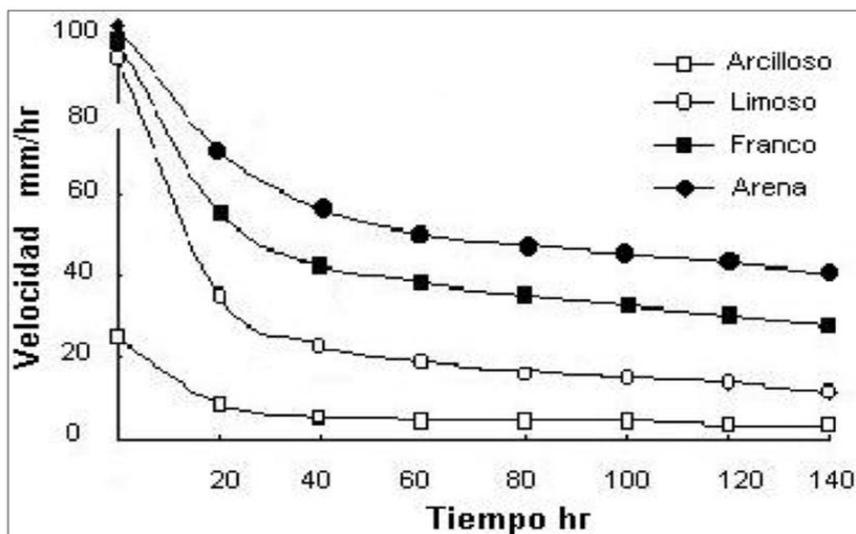


Figura 3. Curvas de infiltración según textura de suelo.

Fuente: Pizarro, et al, (2005)

Según la FIFA (2011), los campos deportivos profesionales deben estar contruidos sobre varias capas de materiales permeables que permitan la infiltración eficiente del agua, por lo que deben contener una capa de arena y suelo en condiciones mejoradas, seguida de una capa de grava y posteriormente el drenaje debido. La selección de estos materiales debe realizarse en relación al microentorno y macroentorno al que se encuentre. El esquema de selección del material se observa en la Figura 4.

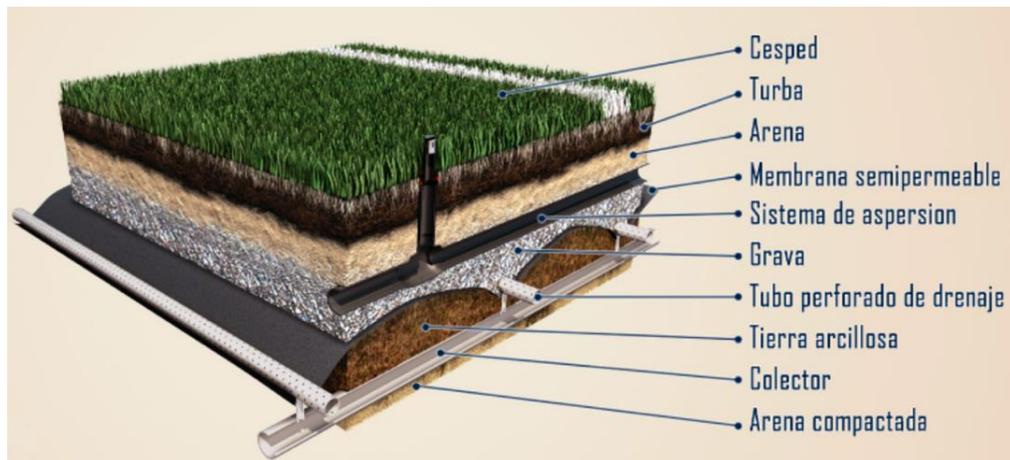


Figura 4. Selección de terreno de juego.

Fuente: ARPASA (2020)

Según Mena (2020), cuando se realiza un diseño de riego para campos deportivos profesionales se debe considerar la capacidad de infiltración, ya que dependiendo de la textura del suelo y su capacidad de infiltración se selecciona el aspersor con características adecuadas para el diseño. La capacidad de infiltración no debe ser superada por la pluviometría que brinda el aspersor, de esta forma se evitan problemas de escorrentía y la reducción de la eficiencia de riego. Para campos deportivos profesionales el suelo debe estar en la capacidad de drenar completamente en un rango de tiempo de 50-60 min esto se debe a que el perfil del suelo debe estar en la capacidad de infiltrar el agua en caso de una lluvia intensa, debido a que, cuando se realiza un partido de fútbol y llueve, el terreno debe estar en la capacidad de poder continuar con el evento y no suspenderlo por inundación en campo.

Al utilizarse suelo arenoso en la construcción de la grama para un estadio de fútbol la infiltración del agua de riego se estará dando en un período de tiempo relativamente corto, por lo que difícilmente la pluviometría del aspersor seleccionado supere la capacidad de infiltración del suelo.

3.3. Generalidades del riego

Según Villalobos (2018), el riego es la aplicación oportuna y uniforme de agua a un perfil del suelo para restituir la cantidad consumida por evapotranspiración de los cultivos. Existen diferentes y diversos métodos de irrigación a lo largo de la historia, estos tipos de riego se pueden dividir en dos ramas: riego superficial y riego a presión.

El riego se aplica para suplementar la precipitación, asegura el suministro adecuado de humedad para el crecimiento del cultivo (césped), mantiene suficiente humedad superficial para promover la germinación de semillas y modifica las temperaturas en el tejido del césped, proporciona una mayor seguridad y tracción debido a la dureza de la superficie. El césped bermuda en clima cálido requiere entre de 25mm y 35 mm de agua por semana ya sea por medio de riego o precipitación (STMA, 2012).

Los campos deportivos requieren de un sistema de riego eficiente que brinde las necesidades hídricas requeridas por la grama en época de sequía con el objeto de mantener su estado vegetativo y el color verde que lo caracteriza.

3.3.1. Riego a presión

Los sistemas comúnmente conocidos de riego a presión son aspersión y riego localizado, el riego a presión consiste básicamente en transportar el agua por medio de tuberías hasta una parcela de riego, donde se necesitará presión para que el sistema funcione adecuadamente.

3.3.1.1. Riego por aspersión

Es el sistema más empleado como riego complementario o suplementario en escenarios deportivos, en especial canchas de fútbol. Según Villalobos (2018), el riego por aspersión se define como la simulación de la lluvia al aplicar el agua al suelo, el agua es aplicada a presión y alta velocidad, se puede llevar a cabo mediante dos formas, gravedad o bombeo. El riego por aspersión surge tras la necesidad de aplicar la lámina de agua requerida por el cultivo sin que genere escorrentía superficial, la aplicación de este sistema de riego es muy común en cultivos y es muy popular en el uso de canchas de fútbol. Según Villalobos (2018) la eficiencia de este sistema es aproximadamente 85%, si se da un adecuado espaciamiento entre aspersores se logra

una aplicación uniforme de la lámina, los sistemas de riego por aspersión pueden ser móviles, fijos o semi fijos según sean las condiciones y requerimientos. En la Figura 5 se observa la diferencia entre un sistema de riego por gravedad y bombeo.

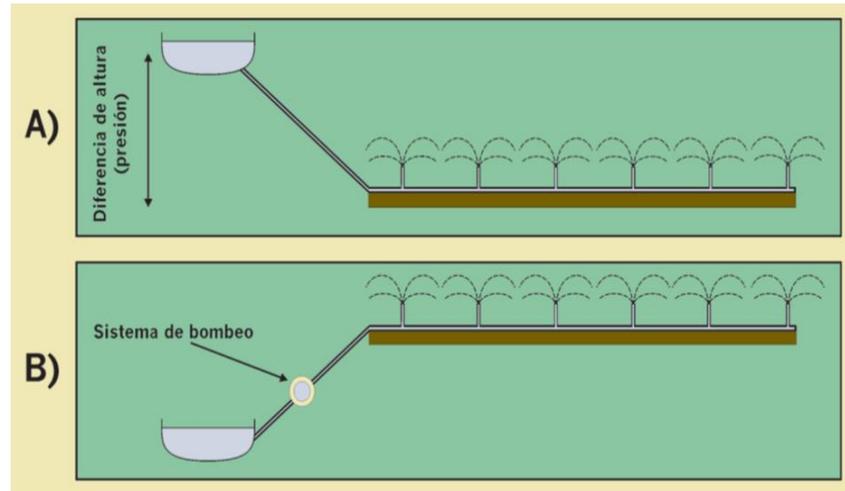


Figura 5. Funcionamiento de riego por aspersión mediante gravedad y bombeo.

Fuente: Villalobos (2018)

3.3.1.2. Componentes del riego por aspersión

Según Villalobos (2018), es importante conocer los componentes del sistema de riego por aspersión estos son indispensables para el diseño óptimo de este sistema, entre ellos se tienen:

a) Fuente de agua

Existen diferentes fuentes de agua, superficial, subterránea o combinada, la ubicación de la fuente de agua, calidad del agua, costo y el caudal son los aspectos más influyentes a tomar en cuenta en el diseño del riego por aspersión.

b) Fuente de energía

La fuente de energía es necesaria cuando se requiere utilizar un sistema de bombeo o bien si el riego es automatizado, al utilizar electricidad se obtiene la ventaja de optar por equipos económicos y de menor costo de mantenimiento.

c) Tuberías y accesorios

Existen diferentes materiales para tuberías y accesorios en el mercado, entre los más comunes están: PVC (*Polyvinil Chloride*), polietileno, aluminio, hierro galvanizado, entre otros, las tuberías de PVC determinan su dimensión mediante la norma ISO-R-161 establecida en 1960, es recomendable en la implementación de sistemas de riego fijos, donde las tuberías deben permanecer enterradas debido a que no están tratadas para resistir los rayos ultravioleta, se recomienda una profundidad mínima de 0,8 m entre la parte superior de la tubería y el piso de rodamiento. Actualmente se usa tubería de PVC para riego móvil esta posee características diferentes a la tubería normal, ya que es resistente a los rayos ultravioleta.

Su determinación comercial está dada por el diámetro nominal y el SDR que es la relación entre el diámetro externo de la tubería y espesor de la pared, este varía según la presión de trabajo, a mayor presión de trabajo, menor es el SDR requerido, lo que quiere decir que el espesor de la tubería es mayor lo que genera una mayor resistencia, caso contrario ocurre cuando se tiene menor presión de trabajo.

d) Válvulas

La selección de las válvulas para un proceso cualquiera depende de muchos factores. Se deben tener en cuenta, como mínimo, características básicas como: tipo de válvula, diámetro, materiales de construcción, capacidades de presión y temperatura, material de empacadura y juntas, costo y disponibilidad.

El tipo de válvula dependerá de la función que debe efectuar, sea de cierre, estrangulación o para impedir el flujo inverso. En su selección influye las características químicas y físicas de los fluidos que se manejan (gases, líquidos, líquidos con gases, líquidos con sólidos, gases con sólidos, vapores generados por la reducción de presión, materiales corrosivos o erosivos, presión y temperatura).

Una vez que se conocen la función y características del fluido se puede seleccionar el tipo de válvula según su construcción.

Las válvulas más utilizadas para los servicios de cierre son:

- Válvula de compuerta.
- Válvula macho.
- Válvula de bola.
- Válvula mariposa.

Para servicios de estrangulación las más comunes son:

- Válvula de globo.
- Válvula de aguja.
- Válvula en Y.
- Válvula de ángulo.
- Válvula mariposa.

e) Filtros

Uno de los inconvenientes que presenta una instalación de riego a presión es el riesgo a obturación en las salidas, por lo que se utilizan una serie de filtros para separar las partículas que contiene el agua de riego que pudiera provocar una obturación.

- Tipos de filtros

Filtros de área: Se utilizan para separar materiales orgánicos como algas y partículas gruesas, gracias a una gruesa capa de arena silíceo contenida en el filtro a través de la cual se hace pasar el agua a filtrar.

Hidrociclones: Realizan la separación de partículas del agua mediante el efecto de la fuerza centrífuga generada por el torbellino, de manera que las partículas pesadas como las arenas que puede contener el agua de riego se desplazan hacia las paredes cayendo después al depósito situado en la parte inferior.

Filtros de malla: El agua es filtrada por una malla, la cual se define por el número de aperturas por pulgada lineal o número de mesh. Las partículas de tamaño superior a las aperturas de la malla quedan retenidas en el filtro. Son efectivos para aguas poco sucias con materiales de origen inorgánico del tamaño de limos o arenas.

Filtros de anillos: Este sistema cuenta con un conjunto de anillas ranuradas que se comprimen las unas contra las otras formando un cilindro filtrante de manera que el agua pasa por las pequeñas ranuras entre las anillas quedando atrapados en el filtro las partículas de mayor tamaño al de las ranuras. Son apropiados para la limpieza de aguas de mediana a mala calidad. Las anillas pueden ser de diferentes diámetros de paso, así encontramos que cada tipo de anilla tiene un color asociado (Novagric, 2020).

f) Aspersores

Permiten la aplicación del agua al suelo, por medio de una o más boquillas, el caudal, diámetro de la gota y distribución del agua dependen de la boquilla, según Villalobos (2018), el funcionamiento adecuado de los aspersores viene dado por la boquilla del aspersor, presión de operación del aspersor, ángulo de salida del agua y viento.

La dirección del viento presenta un papel importante en el diseño de riego por aspersión, esta influye en el funcionamiento y distribución del agua, según Villalobos (2018), una forma de contrarrestar el efecto del viento es hacer espaciamiento entre aspersores y laterales pequeños, siempre y cuando el grado de aplicación de agua que se dé no afecte y provoque escorrentía.

Según Mena (2020), para campos deportivos se recomiendan los rotores de largo alcance van desde los 15 metros de radio hasta los 28 metros de radio los cuales regularmente son ajustables en sus radios de riego según sea el requerimiento, poseen una diversa variedad de alcances y ajustables en arcos desde 0° hasta 360°, emergentes en 5" y 6", con una entrada de 25mm (1") y 38 mm (1 ½"). La gran mayoría de los modelos pueden operar con aguas tratadas.

En la Figura 6 se puede observar la anatomía de un aspersor rotor utilizado para campos deportivos.



Figura 6. Visualización interna aspersor rotor para campos deportivos.

Fuente: Rain Bird (2020)

- Distribución y traslape de aspersores en canchas de fútbol

Los aspersores pueden estar distribuidos dentro de un campo deportivo de varias maneras, no se maneja una distribución estandarizada. Los marcos de aspersores se dividen en 3.

Marco Cuadrado: Representa una de las formas más sencillas de distribución de aspersores, proporciona buena distribución del agua, tanto laterales como aspersores se encuentran distanciados a la misma longitud. En la Figura 7 se muestra la distribución de aspersores en marco cuadrado.

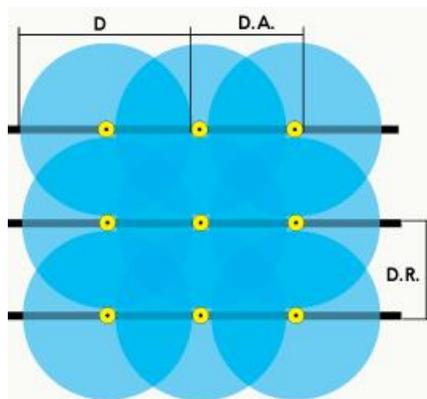


Figura 7. Distribución de aspersores marco cuadrado.

Fuente: Hydro Environment (2020)

Marco Rectangular: Presenta similitud al marco cuadrado, con la diferencia de que los laterales y los aspersores no se encuentran a la misma longitud. En la Figura 8 se muestra la distribución de aspersores en marco rectangular.

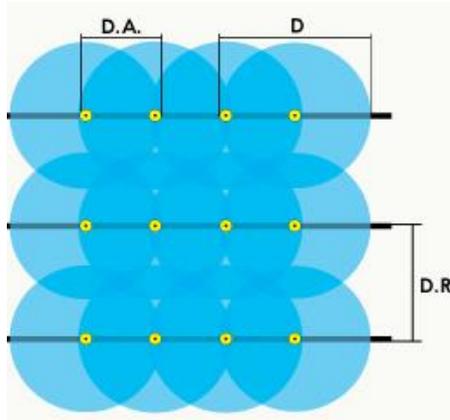


Figura 8. Distribución de aspersores marco rectangular.

Fuente: Hydro Environment (2020)

Marco triangular: Presenta mayor separación entre aspersores que el marco cuadrado y rectangular, posee una mejor distribución del agua. En la Figura 9 se muestra la distribución de aspersores en marco triangular.

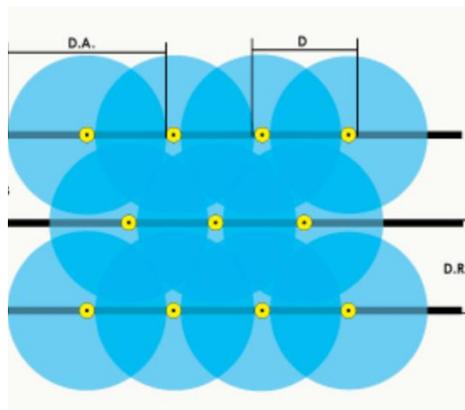


Figura 9. Distribución de aspersores marco triangular.

Fuente: Hydro Environment (2020)

El viento es el factor que más afecta al traslape de los aspersores o su uniformidad de reparto, según Villalobos (2018), existen varios criterios en cuanto al espaciamiento que se debe dar

tanto entre aspersores como entre laterales en función de la velocidad del viento que se tenga y si el espaciamiento que se adopta es en cuadrado, rectángulo o triangular. En el Cuadro 5 se puede observar la reducción del traslape en función de la velocidad del viento.

Cuadro 5. Reducción del traslape en función de la velocidad del viento.

% Reducción	Velocidad del viento (m/s)
10-12	4-6
18-20	8-9
25-30	10-11

Fuente: Morales, 2018

Según Mena (2020), en zonas verdes se debe considerar un traslape del 100% debido a que una irregularidad en riego se vería reflejada en la coloración del césped. Se considera el mismo principio para riego en campos deportivos, los jugadores se desplazan constantemente a lo largo de todo el campo de juego por lo que su superficie debe ser uniforme para una mejor tracción y fricción al igual que el rodamiento del balón, por lo que su traslape debe ser 100%, su espaciamiento depende según sea las dimensiones del campo deportivo.

- Pluviometría

Según Alejos (2018), la pluviometría representa la cantidad de agua que un sistema de riego aplica por unidad de tiempo. La velocidad de aplicación o pluviometría se expresa en mm/h. En la Figura 10 se observa la descripción gráfica del proceso mencionado.

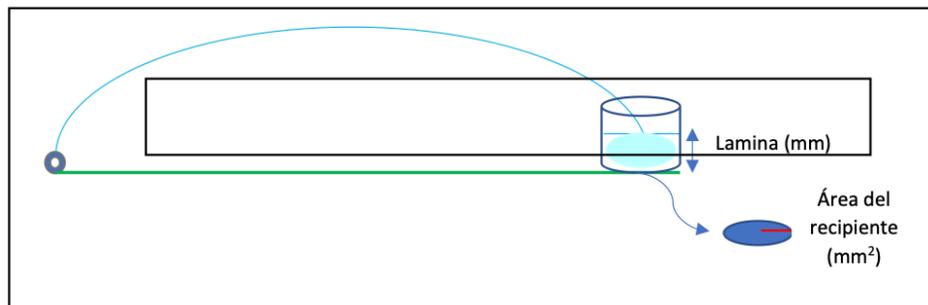


Figura 10. Representación gráfica de la colecta de agua para el cálculo de pluviometría.

Fuente: Alejos (2018)

Según Faci (2011), la pluviometría de los sistemas de riego por aspersión depende fundamentalmente del marco de aspersión, radio de mojado de la boquilla y la presión de operación. Un aumento de la presión representa un aumento de la descarga y un mayor alcance. Cuando la presión en el aspersor es baja, el alcance del aspersor disminuye y se produce una distribución tipo rosquilla produciendo un descenso en la uniformidad del riego. Por ello es recomendable mantener la presión de operación por encima de los niveles mínimos permisibles.

Según Mena (2020), para campos deportivos profesionales y según el inventario que se maneja en la empresa Durman Esquivel S.A., es recomendable una presión de operación de 70 psi (49,22 mca), ya que la mayoría de aspersores cuentan con su operación media en ese valor, que está por encima de la mínima permisible, además, se adopta ese valor como método de protección contra el viento, a pesar de que la mayoría de campos de deportivos profesionales se encuentran cubiertos por muros o graderías que resguardan del viento, se toma como medida de protección en el diseño.

g) Automatización del riego

Según Castañón (2004), la automatización facilita el buen manejo del riego ya que permite conocer la situación y controlar el sistema en tiempo real, detectando anomalías en el funcionamiento del sistema, se evitan los problemas de horarios. Cuando se utilizan parámetros de manejo de condiciones climáticas facilita la racionalización del agua de riego y permite mejorar las condiciones productivas. La optimización del uso de agua permite una disminución en los costos del riego. Para disponer de un sistema automatizado se debe contar con la energía eléctrica de forma continua, para no interrumpir sus operaciones. Los principales componentes de la automatización de estos sistemas son electroválvulas, cableado eléctrico y control de riego.

- Electroválvulas

Según Novagric (2020), las electroválvulas como su nombre lo menciona son válvulas cuyo accionamiento se da mediante un impulso eléctrico de un dispositivo al que está conectado, su objetivo es controlar el flujo que pasa a través de la tubería.

La electroválvula según Novagric (2020) está compuesta por 2 elementos:

Solenoides: El cual es una bobina de cobre, normalmente con la forma de un cilindro largo, que al transportar una corriente se asemeja a un imán de modo que un núcleo móvil de material ferromagnético es atraído a la bobina cuando fluye una corriente.

Válvula: Es el elemento que permite o restringe el paso del agua debido al accionamiento del solenoide, las válvulas pueden poseer diversos componentes como regulador de caudal, medidor de presión, apertura manual de la válvula, depende de la válvula que se encuentre en el mercado.

Las electroválvulas son normalmente cerradas o abiertas, cuando una electroválvula está cerrada indica que no hay flujo eléctrico por lo que se mantiene cerrada, estas son las de uso frecuente en sistemas de riego. Las electroválvulas normalmente abiertas quedan de esta forma cuando no hay alimentación eléctrica y se mantiene de forma manual, se instalan electroválvulas en un sistema de riego con objeto de controlar el aporte de forma automática a través de un programador (Novagric, 2020). En la Figura 11 se observa el esquema del funcionamiento de una electroválvula cerrada y una abierta.

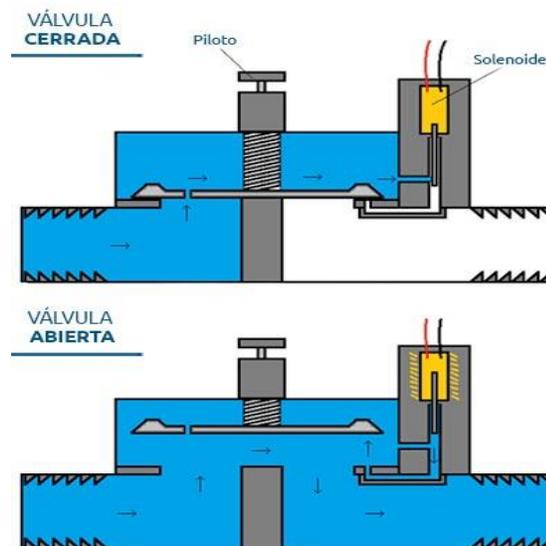


Figura 11. Esquema del funcionamiento de una electroválvula.

Fuente: Novagric (2020)

- Cableado

Para el diseño de riego de campos deportivos profesionales el calibre del cable eléctrico es uno de los aspectos más importantes a tomar en cuenta. Los cables para riego comúnmente utilizados son los cables marca Paige, han sido diseñados con diferentes líneas y calibres que varían de acuerdo con la instalación de los diferentes sistemas de riego.

Según Paige Irrigation (2017), los 4 tipos de cables usualmente utilizados en riego son.

Cable baja Energía: Calibre 16 y 18 normal ul, se entierra directamente, especialmente para uso de riego.

Cable para golf y campos deportivos: Calibre 10, 12 y 14 para válvulas de riego en campo de golf o deportivo, se entierra directamente sin necesidad de tubería.

Cable Múltiple: Desde 2 hasta 25 Líneas, calibre 18, norma ul, se entierra directamente especial para uso de riego.

Cable Decoder: Dos líneas, especial para riego con sistema de decoders (sistema automático para regar).

Según Paige Irrigation (2017), los calibres y tipos de cable dependen del voltaje que maneja cada electroválvula a la cual debe ir conectado, uno de los más comunes son los alambres para válvulas de control en circuitos de 24 VCA entre los que se tienen:

Conductores individuales, tipo UF/TWU: Este tipo de alambre es un producto de uso general, de enterrado directo, que es ampliamente utilizado en todo tipo de sistemas de riego. Disponible desde 14 AWG hasta 1/0 AWG.

Los cables que conectan las válvulas de control remoto al programador de riego deberán ser de un solo conductor, tipo UF/TWU. Su construcción incorpora un conductor de cobre sólido y aislamiento de PVC. Los cables deberán estar listados para el enterrado directo en sistemas de irrigación y ser clasificados a un mínimo de 30 VAC.

Conductores individuales, tipo PE: Este tipo de alambre, catalogado como alambre para aspersores de campos de golf y campos deportivos, fue diseñado específicamente para las duras condiciones de los proyectos paisajísticos donde se aplican frecuentemente productos químicos

como fertilizantes, herbicidas, pesticidas y fungicidas. Los alambres que conectan las válvulas de control remoto al programador de riego deberán ser conductores individuales, tipo PE. Su construcción incorpora un conductor de cobre sólido y aislamiento de polietileno (PE). Los cables deberán estar listados para el enterrado directo en sistemas de irrigación y ser clasificados a un mínimo de 30 VAC.

18 multi: Este cable de enterrado directo está disponible con un número variable de conductores 18 AWG, que van desde 2 hasta 25. Se utiliza principalmente en proyectos de irrigación residencial y pequeños proyectos comerciales.

El cable de riego deberá incorporar suficientes alambres para acomodar todas las válvulas que está diseñado para controlar, además de algunos repuestos para futuras expansiones.

Cuando se selecciona el cableado es necesario implementar conectores de resina para realizar los empalmes entre el cable eléctrico y el cable de válvula de control, para cableado Paige se utilizan los conectores de resina DBR/Y-6, producto listado ul, de entierro directo.

- Control

El control de riego es el encargado de enviar las señales de apertura a las válvulas y de iniciar el riego según lo programado.

Según Novagric (2020), para seleccionar un control de riego se deben tomar en cuenta las siguientes características:

- Número de sectores a controlar y caudal de los mismos.
- Tipo de electroválvulas.
- Acceso a la energía disponible.
- Tipo de programación (por tiempos, volúmenes, estado hídrico del suelo o planta, por datos meteorológicos).
- Necesidades futuras de ampliación de los equipos.
- Necesidad de comunicación con el equipo.

h) Almacenamiento de agua

Para almacenar el recurso hídrico en una edificación se utiliza un sistema de almacenamiento, el agua ingresa desde la red pública para ellos es importante conocer la cantidad y el volumen de la dotación diaria, una vez obtenidos estos datos, se diseña el almacenamiento tal que este abastezca las necesidades del edificio (Dávila, 2017).

3.3.1.3. Ventajas del riego por aspersión

Las principales ventajas de la implementación del riego por aspersión según Villalbos (2018) son las siguientes:

- a) Alta uniformidad de aplicación de agua.
- b) Eficiencia de riego alta.
- c) Se utiliza en la germinación de semillas.
- d) Se puede aplicar fertilizante con el agua de riego.
- e) Se puede utilizar en suelos con cualquier pendiente.
- f) No requiere movimientos de tierra, o sea, no hay que llevar a cabo nivelación, el movimiento de tierra que se da es solo para enterrar la tubería.
- g) Se puede prevenir la erosión, ya que se controla la velocidad de aplicación de agua.
- h) Requiere poco tiempo para su implementación.
- i) El equipo, si es móvil, se puede utilizar en otras áreas.
- j) Es fácil y factible de automatizar.
- k) Economía de agua comparado con los sistemas de riego por superficie.
- l) Hay una menor pérdida de agua en la conducción, con lo cual mejora eficiencia.

3.4. Diseño hidráulico

Para el riego a presión de cultivos se utiliza toda una serie de tuberías, el diseño o dimensionado de diámetros juega un papel importante para que los sistemas no se sobredimensionen o subdimensionen. El diseño hidráulico corresponde al cálculo y especificación necesarias para la conducción del agua en el sistema (Rodríguez, 2018).

3.4.1. Rugosidad en tubería

La expresión de Hazen Williams es la que más se utiliza en el diseño de tuberías por su facilidad de cálculo y amplia aceptación entre los técnicos, su fundamento empírico hace que uno de sus componentes se defina prácticamente de forma subjetiva, el cual se selecciona con base en la rugosidad de las paredes internas de las tuberías. Este parámetro se conoce como coeficiente C de Hazen Williams y fue establecido para condiciones extremas de alta y media rugosidad, así como para paredes lisas (Gavilánez, 2019).

En el Cuadro 6 se muestran algunos valores de coeficiente de rugosidad para la ecuación de Hazen Williams.

Cuadro 6. Coeficiente de rugosidad para diferentes materiales de tubería.

Material	C
PVC	150
Acero	140
Asbesto de cemento	135
Hormigón vibrado	130
Plástico corrugado 125	125
Polietileno	120

Fuente: Morales, 2018

3.4.2. Velocidad de flujo en conductos cerrados

La velocidad de un fluido a través de una tubería es necesario analizarla, debido a que si es demasiado alta se presentan problemas de desgaste de las paredes por fricción la cual puede destruir la película de inhibidor que en algunos casos protege la pared de la tubería, por otra parte, si la velocidad es demasiado baja se pueden presentar problemas de deposición de sólidos y esto reduce el tamaño de la tubería (Morales, 2018).

En el Cuadro 7 se muestra la velocidad media más económica según Richter.

Cuadro 7. Velocidad media más económica según Richter.

Tipo de tubería	Velocidad media m/s	
	Mínima	Máxima
Tuberías de succión en bombas centrífugas, de acuerdo con la carga de succión, longitud, temperatura del agua (<70°C)	0,5	1,0
Tuberías de descarga en bombas	1,5	2,0
Tuberías principales	1,0	2,0
Tuberías laterales	0,5	0,7
Tuberías muy largas	1,5	3,0
Tuberías en instalaciones hidroeléctricas con turbinas:		
Con inclinación y diámetro pequeño	2,0	4,0
Con inclinación y diámetro grande	3,6	8,0
Horizontales y gran longitud	1,0	3,0

Fuente: Morales, 2018

3.4.3. Pérdidas por fricción y presiones admisibles en múltiple y laterales

El trazo y trayecto de tubería es el primer paso a la hora de diseñar un sistema de riego, una vez determinados estos aspectos, las necesidades de presión y caudal, se procede a la determinación de las pérdidas por fricción, a lo largo de la historia han surgido varias ecuaciones entre ellas, Scobey, Darcy Weisbach y la más utilizada la ecuación de Hazen Williams, cuya ecuación toma en cuenta que toma en cuenta los parámetros de caudal, material de la tubería, diámetro de la tubería y la longitud.

Para el diseño de riego a presión se deben mantener presiones admisibles tanto en laterales como en la múltiple del sistema, este no debe superar la diferencia de presión mayor al 20% entre la primera salida y la salida con la condición más crítica del sistema. Según Villalobos (2018), el cálculo de la presión de entrada al lateral y la múltiple son necesarios en el diseño de riego.

En la Figura 12 se muestra la relación existente entre las presiones y las pérdidas en laterales, donde la presión de operación se ubica a un 38% de la longitud del lateral y la presión de entrada se calcula contemplando la presión de operación del aspersor más $\frac{3}{4}$ partes de las pérdidas por fricción primarias.

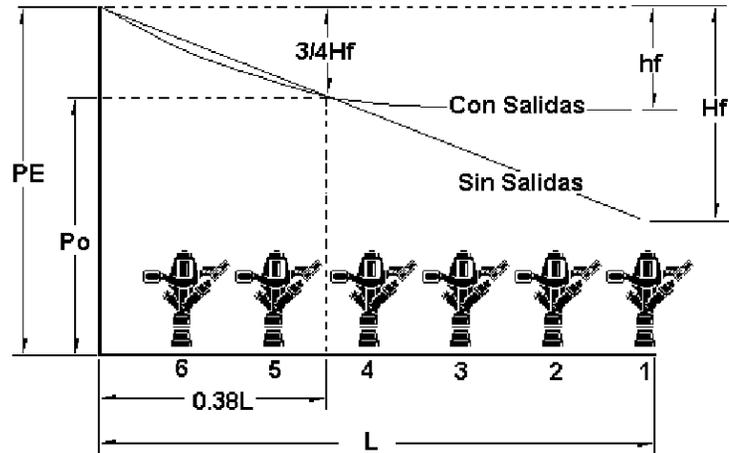


Figura 12. Relaciones de presiones y pérdidas en laterales.

Fuente: Villalobos (2018)

3.4.4. Pérdida de carga en accesorios

Se conoce también como resistencia de forma. Estas pérdidas se originan en todos los tipos de accesorios que se coloquen en una tubería, también se originan por:

- a) Cambios de sección.
- b) Cambios de dirección.
- c) Contracciones.
- d) Ensanchamientos.
- e) Diafragmas.
- f) Válvulas.

Según Villalobos (2018), se puede tomar como valor de pérdidas por fricción secundarias como un 5% del valor de las pérdidas por fricción primarias.

3.4.5. Tubería de conducción principal

Para el diseño de la tubería principal es necesario el dato de caudal que es requerido por el sistema de riego, la longitud de la tubería y el material a utilizar, de esta forma se obtiene el valor de diámetro de la tubería. A lo largo de la historia han surgido diversos métodos para la obtención de este valor (Villalobos, 2018).

- a) Método de carga unitaria: Este método consiste en establecer un diámetro de tubería, a partir de una pérdida de carga establecida de 2,3 m cada 100 m de tubería, es decir una pérdida por fricción (h_f) de 0,023 m/m.
- b) Método de velocidad permisible: Según Villalobos (2018), comúnmente se establecen valores comprendidos entre 0,5 m/s y 1,5 m/s como máximo. En forma general, y para evitar problemas con golpes de ariete, se recomiendan velocidades límite de 1,5 m/s. Si se establece previamente el valor de la velocidad máxima, se puede calcular el diámetro requerido.
- c) Método de porcentaje de presión de operación: En este caso se busca que las pérdidas por fricción en la tubería principal sean de un porcentaje (entre 10-20%) de la presión de operación de los emisores.

3.4.6. Equipo de bombeo

Las bombas se utilizan para impulsar líquidos a través de sistemas de tuberías. Deben mover el flujo volumétrico que se desea al mismo tiempo que se desarrollan la carga dinámica total, creada por los cambios de elevación, diferencias en las cargas de presión y de velocidad, y todas las pérdidas de energía en el sistema.

Hay pérdidas inevitables de energía en la bomba debido a la fricción mecánica y a la turbulencia que se crea en el fluido cuando pasa a través de ella. Por tanto, se requiere más potencia para impulsar la bomba que la cantidad que eventualmente se transmite al fluido.

Las bombas cinéticas agregan energía al fluido cuando lo aceleran con la rotación de un impulsor, el tipo más común de bombas cinéticas es la centrífuga de flujo radial. El fluido se al centro del impulsor y después es lanzado hacia afuera por las aspas. Al salir del impulsor, el fluido pasa por una voluta en forma de espiral, donde baja en forma gradual y ocasiona que parte de la energía cinética se convierta en presión de fluido (Mott, 2006).

El tipo de impulsor que la bomba tenga depende de la acción hidrodinámica de las aspas del impulsor para elevar y acelerar el fluido en forma axial, a lo largo de una trayectoria paralela al eje de éste. La bomba de flujo mixto incorpora ciertas acciones tanto del tipo centrífugo radial como del impulsor (Mott, 2006).

- Carga de succión neta positiva requerida

Un factor importante por considerar en la aplicación de una bomba es la carga de succión neta positiva que se requiere ($NPSH_R$). La $NPSH_R$ se relaciona con la presión en la entrada de la bomba. La $NPSH_R$ debe ser a la carga de succión neta disponible ($NPSH_D$) (Mott, 2006).

4. METODOLOGÍA

4.1. Evaluación de las condiciones de la cancha de fútbol

4.1.1. Determinación de las dimensiones del terreno mediante GPS

La determinación de las dimensiones del estadio Quincho Barquero se realizaron mediante el uso del Sistema de Posicionamiento Global (GPS), de esta forma se delimitó el área del terreno de fútbol.

El Estadio Quincho Barquero está ubicado en Paraíso de Cartago como se observa en la Figura 13, la Empresa Durman Esquivel S.A., es la entidad encargada de la realización de dos propuestas para realizar el riego de la gramilla.

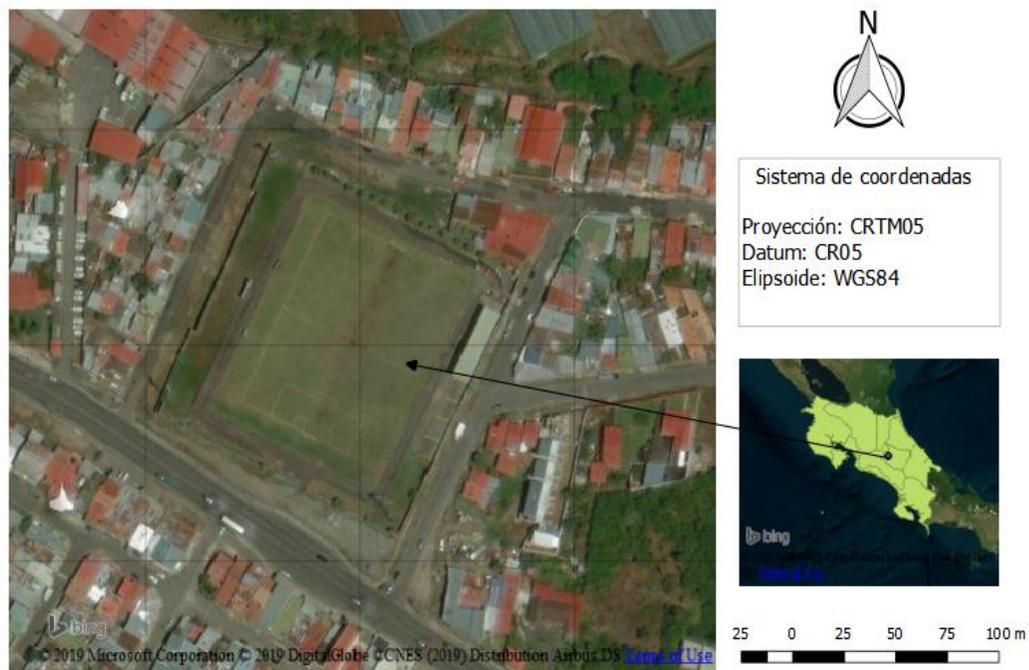


Figura 13. Ubicación Estadio Quincho Barquero.

4.1.2. Trazo de tubería

La evaluación del terreno incluyó la ubicación de la fuente de agua y se definió la orientación de las múltiples y de los laterales, en base a los datos obtenidos, además se determinó la trayectoria de las líneas de la tubería principal.

4.2. Diseño del sistema de riego

4.2.1. Selección del aspersor

Mediante fichas técnicas y el inventario de la Empresa Durman Esquivel S.A., se determinaron los aspersores a utilizar en las dos propuestas para el sistema de riego de la cancha de fútbol, el cual contempla dos aspersores de diferentes marcas para brindar opciones variadas al cliente. Para la selección de los aspersores se tomaron en cuenta las siguientes variables.

4.2.1.1. Presión de operación

Se seleccionó una presión de operación media, de manera que cumpla de protección contra el viento según las disposiciones y recomendaciones de la empresa Durman Esquivel S.A.

4.2.1.2. Boquillas

Se seleccionaron diferentes números de boquillas, para la selección de las boquillas se tomaron en cuenta varios factores que cumplen con los requisitos hidráulicos del sistema.

a) Radio de mojado

Se seleccionó un radio de mojado de manera que el terreno quede cubierto en su totalidad, es decir, un traslape del 100% ajustado según las dimensiones del campo deportivo.

b) Ajuste del ángulo de riego (90°, 180° y 360°)

El ajuste del ángulo de riego de cada boquilla depende de la ubicación donde se encuentre, boquillas ubicadas en las esquinas del campo deportivo poseen un ángulo ajustado del 90°, boquillas ubicadas a los costados del campo poseen un ángulo ajustado de 180° y las boquillas ubicadas al centro del campo poseen su ángulo ajustado completo de 360°.

c) Caudal

Al seleccionar diferentes números de boquillas estas poseen caudal distinto, se encuentra relacionado según el ajuste del ángulo de riego de cada boquilla, para boquillas ajustadas a 90° se seleccionó una boquilla de caudal menor y para boquillas ajustadas a 360° se seleccionó una boquilla de caudal mayor.

d) Pluviometría

Las boquillas seleccionadas poseen pluviometría uniforme, es decir, no existen variaciones significativas esto asegura el óptimo funcionamiento hidráulico del sistema.

4.2.2. Ubicación de los aspersores

La disposición de los aspersores dentro del campo deportivo se realizó en rectángulo, la determinación de la ubicación exacta de los aspersores se realizó mediante el uso de Autocad y la delimitación del terreno, a partir de los requerimientos del cliente y el radio de mojado brindado por cada aspersor, de manera que el 100% del área de la gramilla quedara cubierta simétricamente.

4.2.3. Diseño hidráulico

4.2.3.1. Lateral de riego

Se utilizó una hoja electrónica para el cálculo de pérdidas por fricción en sistemas presurizados que se utiliza de forma estandarizada en la empresa Durman Esquivel S.A., donde se aplica la ecuación de Hazen Williams la cual incorpora un factor de seguridad para el cálculo de las pérdidas por fricción, se estableció un diámetro haciendo uso del Anexo 1 que indica la capacidad de agua en tubería PVC según el diámetro, además el diámetro establecido se verificó dentro del rango de velocidad permisible (0,5 m/s – 1,5 m/s) para evitar golpes de ariete o establecimiento de partículas, se estableció un SDR que soporte la presión del sistema y los ciclajes del riego. La ecuación aplicada toma en cuenta los parámetros de caudal, material de la

tubería, diámetro de la tubería, la longitud de ésta y un factor de seguridad, como se observa en la Ecuación 1.

$$Hf = 1,131 \times 10^9 * \left(\frac{Q}{C}\right)^{1,852} * D^{-4,872} * L * 1,1 \dots (1)$$

Dónde:

Hf: Pérdida por fricción en (m).

Q: Caudal en la tubería (m³/h).

D: Diámetro interno de la tubería (mm).

C: Coeficiente de Hazen Williams. Según el tipo de material de la tubería.

L: Longitud de la tubería (m).

4.2.3.2. Tubería principal y múltiple

Se procedió a realizar el diseño de la tubería principal y múltiple con el método de velocidad permisible, que establece valores comprendidos entre (0,5 m/s – 1,5 m/s), y el Anexo 1 que establece capacidad de caudal según el diámetro de la tubería, de igual forma se estableció un SDR que soporte la presión del sistema y los ciclajes del riego, utilizando la siguiente expresión se obtuvo un diámetro estableciendo la velocidad permisible del sistema.

$$Q = V * A \dots (2)$$

Dónde:

Q: Caudal que circula por la tubería ($\frac{m^3}{s}$)

V: Velocidad media (m/s)

D: Área de la tubería (m²)

Se calcularon las pérdidas de carga secundarias en el sistema, mediante la siguiente ecuación.

$$hf2 = 0,05 * Hf \dots (3)$$

Dónde:

hf2: Pérdidas de carga secundarias (m)

Hf: Pérdidas de carga primarias (m)

Y luego se sumaron las pérdidas primarias y secundarias para tener el total de pérdidas por fricción.

4.2.3.3. Presión admisible

Para el diseño de riego a presión se deben mantener presiones admisibles tanto en laterales como en la múltiple del sistema, este no debe superar la diferencia de presión mayor al 20% entre la primera salida y la salida con la condición más crítica del sistema.

Al ser un diseño sin pendiente se aplicó la siguiente ecuación para presión admisible.

$$Pad = 0,2 * Po \dots (4)$$

Dónde:

Pad: Presión admisible (m)

Po: Presión de operación del aspersor (m)

4.2.3.4. Presión a la entrada del lateral

Se realizó el cálculo de la presión a la entrada del lateral mediante la Ecuación 5.

$$Pe = Po + \frac{3}{4} hflat \pm \Delta Z * 0,38 \dots (5)$$

Dónde:

Pe: Presión a la entrada del lateral (m)

Po: Presión de operación del aspersor (m)

hflat: Pérdida por fricción en el lateral (m)

ΔZ : Diferencia de altura entre el primer y el último aspersor del lateral (m)

4.2.3.5. Presión a la entrada de la múltiple

El cálculo de presión a la entrada de la múltiple se realizó mediante la siguiente ecuación.

$$P_m = P_e + \frac{3}{4} h_{fm} \pm \Delta Z_m * 0,38 \dots (6)$$

Dónde:

P_m : Presión a la entrada del múltiple (m)

P_e : Presión a la entrada del lateral (m)

h_{fm} : Pérdida de presión en la múltiple (m)

ΔZ_m : Diferencia de altura entre el inicio y el final de la múltiple (m)

4.2.3.6. Presión distal

Se calculó la presión distal la cual es requerida como parte para verificar el diseño correcto del lateral como se puede ver en la Ecuación 7.

$$P_d = P_m - h_{fm} - h_{flat} \dots (7)$$

Dónde:

P_d : Presión distal del lateral (m)

P_m : Presión a la entrada de la múltiple (m)

h_{fm} : Pérdida por fricción en la múltiple (m)

h_{flat} : Pérdida por fricción en el lateral (m)

4.2.3.7. Diferencia entre el primer y último aspersor

Para corroborar el correcto diseño se calculó la diferencia entre el primer aspersor y el último, lo cual está dado por la siguiente ecuación.

$$\Delta P = P_m - P_d \dots (8)$$

Dónde:

P_m : Presión a la entrada de la múltiple (m)

Pd: Presión distal del lateral (m)

4.2.4. Selección de electroválvulas y filtro

Se seleccionó una electroválvula tomando en cuenta el caudal del lateral ya que es el caudal a pasar por la válvula como se observa en el Anexo 4 de eso depende su selección al igual que el costo de válvula. Las pérdidas por válvula se pueden observar en el Anexo 4, de ahí se determinó su pérdida.

Se seleccionó un filtro según los requerimientos del riego y el caudal del sistema, se tomó en cuenta la fuente de agua, tipo de filtro, uso, micraje y diámetro como se observa en el Anexo 5. Las pérdidas del filtro se pueden observar en el Anexo 5, de ahí se determinó su pérdida.

4.2.5. Elección de la bomba

Se debe conocer la carga dinámica total, que es la suma de la carga requerida a la salida de la tubería y las pérdidas de energía por fricción que se deben vencer a lo largo de la tubería.

$$CDT = P_o + h_{ft} + h_{fv} + h_{ff} + \Delta Z \dots (9)$$

Dónde:

CDT: Carga dinámica total (m)

P_o: Presión de operación del aspersor (m)

h_{ft}: Pérdidas de carga por fricción a lo largo de toda la tubería (m)

h_{fv}: Pérdidas en la válvula (m)

h_{ff}: Pérdidas en el filtro (m)

ΔZ: Diferencia de altura (m)

Una vez conocidas las necesidades de presión y carga del sistema, e igualmente, hecho el diseño de todas las tuberías se procede a estimar si se necesita la implementación de una bomba para suplir tales necesidades.

Seguidamente luego de obtener los datos de caudal y carga dinámica total mediante la página de Franklin Electric ingresando los datos ya mencionados se obtuvo resultados de la bomba requerida, así como sus especificaciones técnicas.

4.2.6. Tiempo de riego y lámina a aplicar

El cálculo del tiempo de riego se realizó tomando en cuenta la pérdida por evapotranspiración del zacate y la zona del proyecto, para ello se hizo uso del Cuadro 2 que presenta las pérdidas diarias específicas del zacate bermuda grass en campos deportivos según el clima donde se ubique la zona, por lo que la lámina a suplir es lo que se pierda por evapotranspiración y se tomó una eficiencia del 88%, para ello se hizo uso de la siguiente ecuación.

$$Ti = \frac{lb}{Pv} \dots (10)$$

Dónde:

Ti: Tiempo de riego (h)

lb: Lámina bruta (mm/d)

Pv: Pluviometría bruta (mm/h)

4.2.7. Volumen de tanque

Para la selección del tanque se tomó en cuenta la lámina de riego a aplicar y el área del campo deportivo mediante la siguiente ecuación.

$$ln = \frac{V}{A} \dots (11)$$

Dónde:

ln: Lámina neta (mm/h)

V: Volumen del tanque (l)

A: Área total del campo (m²)

4.2.8. Automatización del sistema

4.2.8.1. Selección del sensor de lluvia

Como parte de la automatización del sistema se incorporó un sensor de lluvia según el voltaje requerido, el cuál identifica la precipitación y de esta forma evita la activación del sistema de riego o bien detener el mismo si está en funcionamiento.

4.2.8.2. Selección del control

Para la selección del control de riego se tomó en cuenta la cantidad de estaciones o zonas de riego, tomando en consideración la cantidad de electroválvulas dispuestas en el campo deportivo, se seleccionó un control eléctrico que permite varios programas en su sistema.

4.2.8.3. Selección del cableado eléctrico

Para la selección del calibre del cable se tomó en cuenta que al ser un sistema de riego para campos deportivos profesionales este debe poseer tolerancia a las fertilizaciones que se realicen en el sitio y las condiciones eléctricas, por lo tanto, el calibre seleccionado depende de la distancia del cable, voltaje y fase, además posee un recubrimiento el cual es resistente a minerales y ácidos que se encuentran en el entorno, el cual además no requiere de tubería eléctrica (conduit).

4.2.8.4. Programación del sistema

La programación del sistema se realizó tomando en cuenta el tiempo de riego requerido según la lámina a aplicar, pluviometría, y las condiciones climáticas del sitio, las variables que se tomaron en cuenta son las siguientes.

- a) Precipitación de la zona.
- b) Meses de necesidad de riego.
- c) Disposición de válvulas.

Mediante estas variables se determinaron los días de riego y el tiempo de riego de cada lateral del sistema.

4.2.9. Modelación en WaterCAD

Se realizó la modelación mediante la herramienta de simulación hidráulica WaterCAD con el fin de corroborar presiones del sistema, y darle valor agregado al diseño brindándole el modelo al cliente en caso de requerir variaciones del sistema, se revisaron presiones en el lateral, múltiple y tubería principal, y velocidades.

4.3. Análisis económico

Se elaboró una oferta económica para cada uno de los diseños de riego donde engloba materiales, mano de obra y costos de instalación, por disposiciones de la Empresa Durman Esquivel S.A., la oferta se realizó de forma global y no detallada por producto por estipulaciones de la empresa.

El análisis económico se realizó tomando en consideración la inversión (ofertas económicas brindadas por la empresa Durman Esquivel S.A.), que incluye todos los componentes necesarios para implementar un sistema de riego automático en el campo deportivo en estudio, los costos de mantenimiento e ingresos anuales implementando el nuevo sistema, estas variables fueron requeridas para el cálculo del período de recuperación del mismo. El análisis económico permitió la elección de la propuesta con mayor viabilidad económica.

4.4. Análisis ambiental

El análisis ambiental se realizó por etapas, debido a que primero se procedió a categorizar el proyecto en base a su nivel de impacto, donde se utilizó el Reglamento General sobre los procedimientos de Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) mediante el Anexo No.2 del mismo reglamento, para la Categoría: construcción, División: construcción y Descripción de la actividad: construcción y operaciones de edificaciones en zonas urbanas (Anexo 12) y en base al área a modificar se categorizó el proyecto en A, B1, B2 o C.

Una vez que se determinó la categoría del proyecto, se procedió al llenado de la documentación correspondiente (Formulario de Setena D1) y en caso de ser necesario realizar un Estudio de Impacto Ambiental, Plan de Gestión ambiental o una declaración jurada de compromisos ambientales.

4.5. Análisis social

Se analizó cuáles serán los principales impactos sociales con la implementación del proyecto, tomando en consideración las actividades a realizar en el campo deportivo, consumo hídrico y su impacto a la población.

4.6. Diferencias generales entre las propuestas de diseño

4.6.1. Marca y modelo de aspersor

Para ambos diseños se seleccionaron aspersores de distinta marca, pero que se asemejan según su modelo a nivel comercial, por lo que se obtienen diferencias en su radio de alcance, caudal y pluviometría. La presión de operación manejada para ambos diseños es la misma debido a que se debe operar el sistema con una presión media, que cumpla con las disposiciones dadas por la empresa.

4.6.2. Trazado de tubería

La distribución de los aspersores dentro del campo deportivo se mantiene igual en ambos diseños debido al traslape dado de acuerdo con sus radios de alcance, sin embargo, su trazado de tubería es diferente, por lo que varían las distancias de tubería en ambas propuestas.

4.6.3. Diámetros de tubería seleccionada

Al tener aspersores diferentes en ambas propuestas sus caudales difieren por lo que el diámetro de tubería se ve directamente afectado y varía según el caudal del sistema de cada diseño.

4.6.4. Electroválvulas y filtro

La selección de electroválvulas y filtro depende directamente del caudal del sistema, por lo que el diámetro de cada uno se selecciona según el caudal del sistema.

4.6.5. Automatización

Ambas propuestas poseen un control de riego como parte de su automatización, el cual es de la misma marca del aspersor seleccionado, por lo que el control difiere entre cada propuesta de diseño, a pesar de poseer las características similares de operación. Tanto para el diseño 1 y 2 se incorpora un sensor de humedad como parte de su automatización, en el caso del diseño 1 se incorpora adicionalmente 1 módulo de wifi el cual se adapta al control de riego que permite la operación y control del sistema desde un dispositivo electrónico en tiempo real, mientras que el diseño 2 no incorpora dicho componente debido a disponibilidad en el mercado.

4.6.6. Propuestas económicas

Al poseer componentes diferentes cada diseño posee una oferta económica distinta, lo cual se ve reflejado en el análisis económico y elección del cliente.

5. RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

5.1. Evaluación de las condiciones de la cancha de fútbol

Se determinaron las dimensiones del campo deportivo, obteniendo los resultados observados en la Figura 14. Al tratarse de una gramilla de fútbol no posee pendiente debido a que el terreno debe ser plano para sus requerimientos.

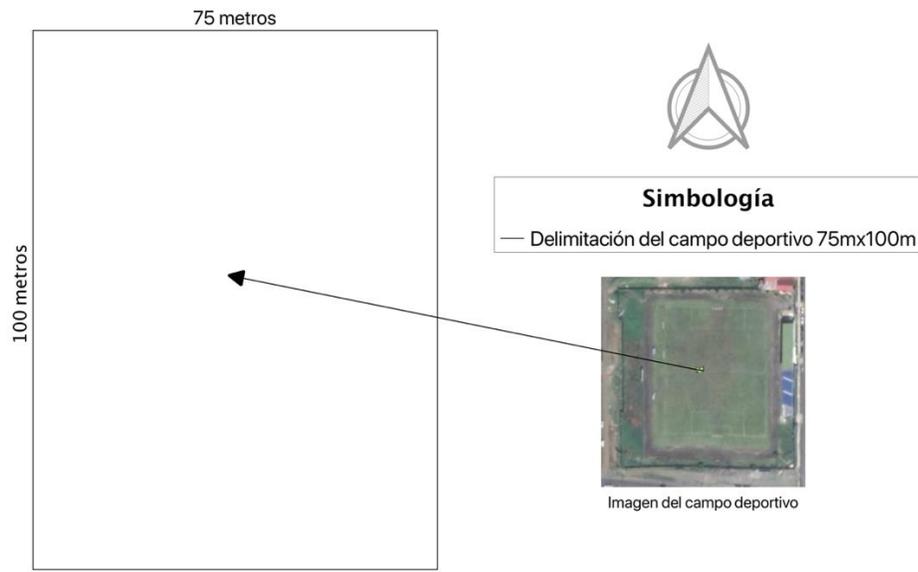


Figura 14. Dimensiones de la cancha de fútbol.

5.2. Diseño de riego 1

5.2.1. Diseño Hidráulico

5.2.1.1. Selección y distribución de aspersores

Se seleccionó el aspersor marca Rain Bird modelo 8005 debido a disposiciones de la empresa Durman Esquivel S.A., ya que es uno de los modelos cuyo uso es destinado para campos deportivos profesionales, mediante la ficha técnica del mismo a una presión de 49,22 mca equivalente a 70 psi, se seleccionaron las boquillas a utilizar como se observa en el Cuadro 8.

Cuadro 8. Datos de las boquillas seleccionadas del aspersor Rain Bird 8005.

Presión (mca)	Número de boquilla	Caudal (m³/h)	Radio (m)	Radio ajustado (m)	Pluviometría (mm/h)
49,22	12- Arco 90°	3,00	18,00	20	18
	16- Arco 180°	3,90	20,60	20	19
	16- Arco 360°	3,90	20,60	20	19

Como se observa en el Cuadro 8, se seleccionó una presión de 49,22 mca (70 psi) ya que se debe mantener un margen de seguridad de protección contra el viento, a pesar de ser un estadio de fútbol y poseer muros que protegen del viento es necesario manejar estos sistemas con altas presiones para asegurar que el chorro de agua proveniente de los aspersores no se pierda por acción del viento debido a eso para los diseños de riego en campos deportivos se trabajan presiones medias de 49,22 mca (70 psi).

El número de boquilla y ángulo de ajuste se seleccionó según la ubicación de los aspersores dentro campo deportivo, al utilizar boquillas distintas estas difieren en su valor de caudal, una boquilla número 12 posee menor caudal (3 m³/h) que una boquilla número 16 (3,90 m³/h).

Su radio de mojado al igual que el caudal difiere según el número de boquilla, entre más pequeño sea el número de boquilla más pequeño será su radio de acción, es decir, es directamente proporcional, a pesar de eso en campo se puede ajustar manualmente para lograr brindar unos metros más de acción manipulando el aspersor y la boquilla por lo que se ajustó su radio a 20 m.

La pluviometría representa una función importante en la selección del aspersor, se deben seleccionar boquillas que presenten pluviometría similar o bien que sus valores no se diferencien notablemente para este diseño se tiene una pluviometría de 18 mm/h y 19 mm/h como se observa en el Cuadro 8. Esta pluviometría no puede superar la capacidad de infiltración del campo, se debe tomar en cuenta que cuando se diseña un sistema de riego en un campo deportivo está compuesto de material arenoso para permitir la infiltración en un rango de tiempo de 50-60 min, la velocidad de infiltración promedio de la arena transcurridos 60 min es de 50 mm/h, por lo que está por encima de la pluviometría seleccionada.

Como se mencionó la selección de las boquillas número 12 y 16 se debe a su ubicación en campo de fútbol y su consumo de caudal, la colocación y traslape de los aspersores Rain Bird 8005 según las boquillas a utilizar dentro del terreno se observa en la Figura 15.

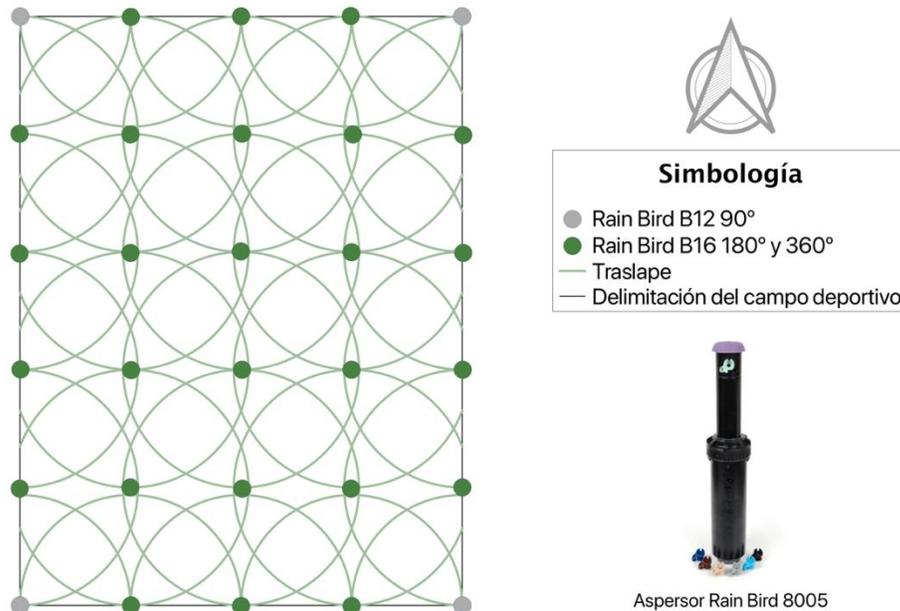


Figura 15. Traslape de aspersores diseño 1.

Como se observa en la Figura 15 la distribución de los aspersores es en marco rectangular 20m x 18,75m, los aspersores con boquillas número 12 poseen su ángulo ajustado a 90° ubicados en las esquinas del terreno, los aspersores con boquillas número 16 poseen su ángulo ajustado a 180° ubicados en los costados del terreno y los que poseen su ángulo a 360° se encuentran ubicados de forma central dentro del campo deportivo, tanto costados como centrales poseen la misma boquilla, su colocación estratégica se debe al consumo de agua, ya que debe ser proporcional según la cantidad de giros del aspersor, sus ángulos y la distribución por electroválvula, su radio de alcance se estableció como 20 m, a pesar de utilizar boquillas distintas, su radio de alcance se puede ajustar en campo para obtener el radio deseado y un diseño simétrico con el 100% de traslape entre aspersores como se observa en la Figura 15, además de ajustar su radio de acción se seleccionó una presión media de 49,22 mca (70 psi) para mantener un margen de seguridad contra la acción del viento.

5.2.1.2. Trazo de tuberías y distribución de válvulas

Una vez ubicados los aspersores con sus respectivas boquillas se procedió a realizar el trazo de tuberías y distribución de válvulas tal y como se observa en la Figura 16.

Como se observa en la Figura 16 el trazo de tuberías y distribución de válvulas se realizó de esta manera para facilitar la instalación del sistema, reducir los costos de materiales del proyecto, balancear los elementos que componen el diseño y estabilidad hidráulica, es necesario que cada válvula contemple la misma cantidad de aspersores, en este diseño cada válvula opera 4 aspersores, en el caso de las válvulas colocadas a lo ancho del terreno contemplan 3 aspersores con boquilla número 16, ajustadas a 180° y 2 aspersores boquilla número 12 con su ángulo ajustado a 90° estos últimos simulan la función de un aspersor con boquilla número 16 con su ángulo ajustado a 180° debido a que se eligió una boquilla de menor consumo de caudal por lo que se puede decir que estas válvulas operan de igual manera 4 aspersores, de esta forma se definieron los laterales del sistema.

5.2.1.3. Diseño de laterales

Para el diseño de los laterales de riego se tomaron en cuenta las condiciones más críticas, al ser un terreno plano no hay problema de presión debido a desniveles, por lo que se tomó como condición crítica el tramo más lejano y con mayor consumo de caudal para realizar el diseño de los laterales tal y como se observa en la Figura 16.

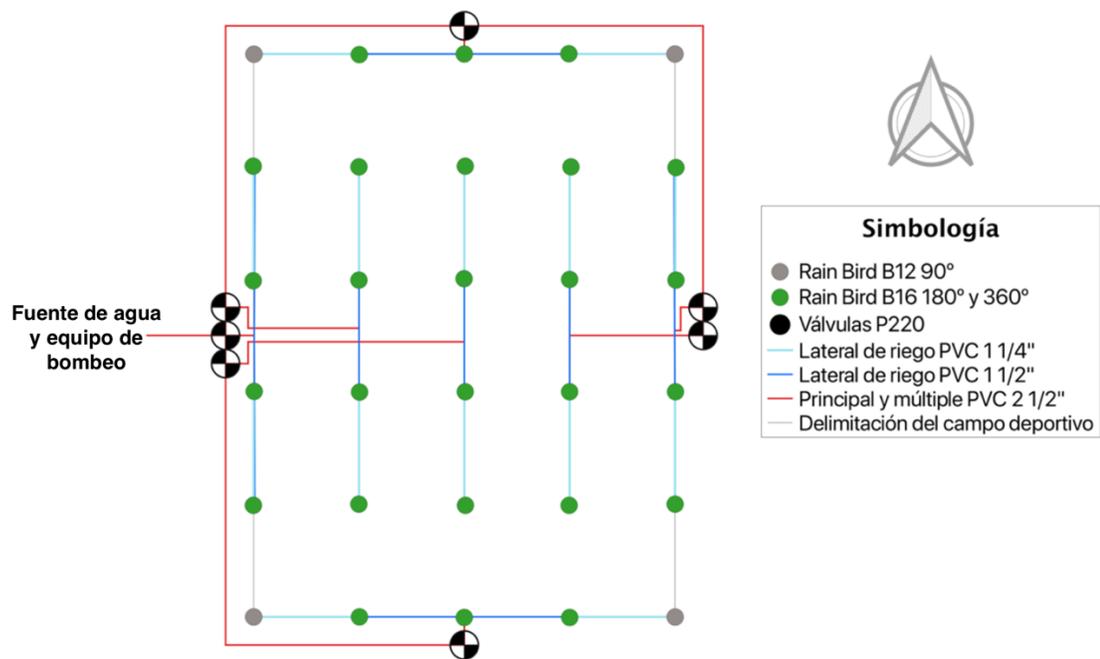


Figura 16. Trazo de tubería principal, múltiple y lateral de riego.

Por medio de la Ecuación 1 de Hazen Williams se determinaron las pérdidas por fricción en los laterales de riego, se realizó combinación de diámetros para el diseño de los laterales con el fin de reducir costos del sistema, se establecieron diámetros de tubería por medio del Anexo 1 que indica la capacidad de agua en tubería PVC según el diámetro, manteniéndose dentro del rango de velocidad permisible.

Como se muestra en la Figura 16 y Cuadro 9 en el primer lateral de 31mm (1 ¼") la tubería únicamente transporta el caudal de 1 aspersor siendo este de 3,92 m³/h, mientras que en el lateral 2 de 38mm (1 ½") la tubería transporta el caudal de 2 aspersores por lo que su caudal se duplica, de esta forma se determinó su diámetro. La longitud respectiva de cada tramo se determinó mediante la herramienta AutoCAD tomando en cuenta las dimensiones del terreno y distribución de los aspersores, una vez conocidos los valores de caudal, longitud y diámetro se obtuvieron las pérdidas por fricción en el lateral obteniendo un total de 1,00 m (1,42 psi) a lo largo de todo el lateral.

Como se observa en el Cuadro 9 para el lateral de diámetro de 31mm (1 ¼") se obtuvo una velocidad de 0,91 m/s y en el lateral de diámetro de 38mm (1 ½") se obtuvo una velocidad de

1,40 m/s de manera que la velocidad se mantiene dentro del rango de velocidad permisible (0,5 m/s – 1,5 m/s).

Es importante tomar en cuenta que la ecuación utilizada contempla un factor de seguridad de 1,1 este factor funciona como protección contemplando las salidas, según disposiciones de la Empresa Durman Esquivel S.A.

Cuadro 9. *Determinación de pérdidas por fricción primarias en el lateral más crítico.*

Tramo	Factor de seguridad	Longitud (m)	Caudal (m³/h)	Diámetro interno (mm)	Hf (m)	Hf (psi)	Velocidad (m/s)
Lateral PVC 31mm	1,1	20	3,91	38,90	0,52	0,79	0,91
Lateral PVC 38mm		10	7,81	44,60	0,48	0,68	1,40

5.2.1.4. Diseño de tubería principal y múltiple

El diseño de la tubería principal y múltiple se realizó por medio del método de velocidad permisible (Ecuación 2) y el Anexo 1, que indica la capacidad de caudal según el diámetro de la tubería, y se calcularon las pérdidas por fricción mediante la Ecuación 1.

El diámetro obtenido para múltiple y tubería principal de 62mm (2 ½”) se obtuvo tomando en cuenta el caudal a transportar el cual es de 15,62 m³/h (68,8 gpm) ya que representa el caudal completo del lateral de riego, es decir, el total de aspersores que operan por lateral, por lo que se realizó una sumatoria del caudal de cada aspersor en el lateral más crítico, el cual es el más lejano y con mayor caudal, ya que es cuando operan 4 aspersores a 360° con boquilla número 16, además se realizó el cálculo de velocidad permisible para verificar que se mantuviera dentro del rango de (0,5 m/s a 1,5 m/s) obteniendo un resultado de 1,21 m/s por lo que se encuentra dentro del rango, es importante mantener una velocidad adecuada para evitar golpes de ariete.

Al igual que en el cálculo de los laterales de riego se utilizó un factor de seguridad de 1,1 como disposición de la empresa para mantener un margen de protección.

Otro aspecto importante es el SDR establecido para este diseño el cual es un SDR 26 que soporta la presión del sistema (49,22 mca) y el ciclaje que dan las válvulas las cuales se encuentran en constante cierre y apertura.

Los datos obtenidos se pueden observar en el Cuadro 10.

Cuadro 10. Determinación de diámetro y pérdidas por fricción de la múltiple y principal.

Tramo	Factor de seguridad	Longitud (m)	Caudal (m ³ /h)	Diámetro interno (mm)	Hf (m)	Hf (psi)	Velocidad (m/s)
Principal y múltiple 62mm	1,1	233,5	15,62	67,4	5,43	7,72	1,21

Una vez obtenidas las pérdidas totales primarias de todo el sistema se procedió a realizar el cálculo de pérdidas secundarias mediante la Ecuación 3, los resultados obtenidos se observan en el Cuadro 11.

Cuadro 11. Pérdidas por fricción totales.

Pérdidas totales obtenidas			
PSI		Metros	
HF 1	9,14	HF 1	6,43
HF 2	0,46	HF 2	0,32
HF totales	9,60	HF totales	6,75

Como se observa en el Cuadro 11 las pérdidas por fricción totales del sistema son 6,75 m (9,60 psi) las cuales son producto de la sumatoria de pérdidas en los laterales, múltiple y tubería principal, las pérdidas secundarias son importante considerarlas debido a que son las pérdidas que se ubican en accesorios o cambios de dirección en el trayecto de la tubería, este cálculo se realizó considerando un 5% de las pérdidas por fricción primarias.

5.2.1.5. Presión admisible

Mediante la Ecuación 4 se determinó la presión admisible como se observa en el Cuadro 12.

Cuadro 12. *Presión admisible (Pad).*

Presión admisible 20%Po			
Po (psi)	70	Pad (psi)	14
Po (m)	49,22	Pad (m)	9,84

Como se observa en el Cuadro 12, se obtuvo una presión admisible de 9,84 m (14 psi) usando la presión de operación de 49,22 m (70 psi), el cálculo de la presión admisible es importante ya que la diferencia de presión entre el primer y último aspersor no debe superar al 20% de la presión de operación de los aspersores, este cálculo es necesario para determinar el diseño correcto del lateral.

5.2.1.6. Presión a la entrada del lateral

La presión a la entrada del lateral se determinó por medio de la Ecuación 5, los resultados obtenidos se observan en el Cuadro 13.

Cuadro 13. *Presión a la entrada del lateral (PE lat).*

Presión a la entrada del lateral			
PSI		Metros	
Presión de operación	70	Presión de operación	49,22
Pérdidas por fricción en el lateral	1,42	Pérdidas por fricción en el lateral	1,00
PE lat (psi)	71,07	PE lat (m)	49,98

Como se observa en el Cuadro 13, se obtuvo la presión a la entrada del lateral tomando en cuenta la presión de operación del aspersor y las pérdidas por fricción en el lateral obteniendo resultados de 49,98 m (71,07 psi).

5.2.1.7. Presión a la entrada de la múltiple

La presión a la entrada de la múltiple se determinó por medio de la Ecuación 6, los resultados obtenidos se observan en el Cuadro 14.

Cuadro 14. *Presión a la entrada de la múltiple (PE v).*

Presión a la entrada de la múltiple			
PSI		Metros	
PE lat	71,06	PE lat	49,98
Pérdidas por fricción en la múltiple	0,76	Pérdidas por fricción en la múltiple	0,53
PE v	71,63	PE v	50,38

Como se observa en el Cuadro 14, se obtuvo la presión a la entrada de la múltiple tomando en cuenta la presión a la entrada del lateral calculado en el punto anterior y las pérdidas por fricción en la múltiple las cuales se calcularon mediante la Ecuación 1 de Hazen Williams, obteniendo resultados de 50,38 m (71,63).

5.2.1.8. Presión distal

El cálculo de la presión distal se realizó mediante la Ecuación 7, los resultados obtenidos se observan en el Cuadro 15.

Cuadro 15. *Presión distal (Pd).*

Presión distal			
PSI		Metros	
PE v	71,63	PE v	50,38
Pérdidas por fricción en el lateral	1,42	Pérdidas por fricción en el lateral	1,00
Pérdidas por fricción en la múltiple	0,76	Pérdidas por fricción en la múltiple	0,53
Pd	69,45	Pd	48,84

Como se observa en el Cuadro 15, mediante la Ecuación 7 se obtuvo los resultados de presión distal, esta presión se ubica en la última salida del lateral de riego o último aspersor, obteniendo un resultado de 48,84 m (69,45 psi).

5.2.1.9. Diferencia de presión entre el primer y último aspersor

La diferencia de presión entre la primera y última salida se realizó mediante la Ecuación 8, los resultados obtenidos se observan en el Cuadro 16.

Cuadro 16. *Diferencia de presión entre el primer y último aspersor.*

Diferencia de presión			
PSI		Metros	
PE v	71,63	PE v	50,38
Pd	69,45	Pd	48,84
Δp	2,18	Δp	1,53

Como se observa en el Cuadro 16, se obtuvo la diferencia de presión entre el primer y último aspersor obteniendo 1,53 m (2,18 psi), lo que indica que el diseño del lateral es óptimo ya que este valor nunca debe superar a la presión admisible que supone el 20% de la presión de operación, en este caso se obtuvo una diferencia de presión entre el primer y último aspersor de 1,53 m (2,18 psi) y la presión admisible es de 9,84 m (14 psi) por lo que el lateral se encuentra bien diseñado.

5.2.2. Selección de electroválvulas y filtro

Para la selección de la válvula se tomó en cuenta el caudal a pasar por la misma, en este diseño, el caudal a pasar por la válvula es de 15,62 m³/h (68,8 gpm), revisando en el catálogo de la marca Toro y el inventario de Durman Esquivel S.A., se seleccionó la válvula P220 de 38mm (1 ½”), la cual opera a 24 VAC y permite el paso de 15,90 m³/h el equivalente a 70 gpm, la selección de esta válvula se debe a que permite el paso del caudal requerido, a pesar de que existe la misma opción en 50mm (2”) de diámetro se seleccionó una de 38mm (1 ½”) para reducir los costos del sistema, es una válvula de globo por disposiciones de inventario de

empresa Durman Esquivel S.A. Mediante la ficha técnica de la misma se determinó la pérdida por fricción de la válvula ingresando con su caudal y seleccionando el diámetro según costo y disposiciones de inventario de la empresa, la ficha técnica se observa en el Anexo 4, los resultados obtenidos de la selección se muestran en el Cuadro 17.

Cuadro 17. Pérdidas por fricción electroválvula P220 Toro.

Pérdidas por fricción electroválvula modelo P220				
Diámetro de válvula	Tipo	Caudal (m³/h)	Pérdidas por fricción (m)	Pérdidas por fricción (PSI)
38mm (1 ½")	Globo	15,90	4,92	7

Fuente: The Toro Company (2020)

Como se observa en el Cuadro 17, a 15,90 m³/h (70 gpm), seleccionando una válvula de 38mm (1 ½") de globo se obtienen las pérdidas de 7 psi equivalente a 4,92 mca, las características específicas de la válvula se pueden observar en el Anexo 4, que muestra su ficha técnica.

La selección del filtro se realizó tomando en cuenta los requerimientos del sistema, la fuente de agua se considera de mala calidad (Tipo C), como consideración crítica, se seleccionó un filtro de anillas tomando en cuenta su facilidad para dar mantenimiento, su utilidad seleccionada fue filtración media para aspersión (Anillas amarillas) y su micraje establecido es de 200 micras o 80 mesh, estos datos se observan en el Anexo 5, que muestra su ficha técnica, por disposición de la Empresa Durman Esquivel S.A., y su inventario se utilizó un filtro marca Jimten. Al igual que las válvulas, los filtros poseen gráficas para determinar las pérdidas por fricción, el filtro seleccionado es un filtro manual el cual se ubicará a la salida de la bomba en un diámetro de 50mm (2"), las pérdidas se muestran en la Figura 17.

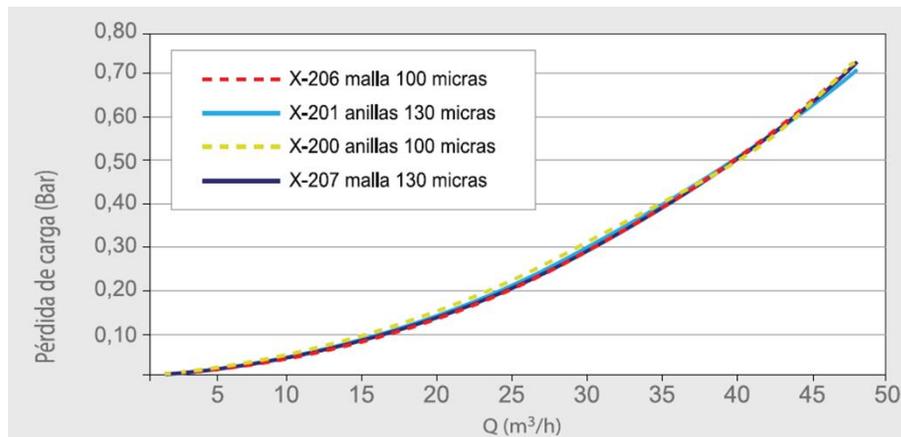


Figura 17. Pérdida de carga en filtro manual de 50 mm.

Fuente: Jimten (2020)

La selección del diámetro del filtro se debe a una relación de costo e inventario, como se observa en la Figura 17, no se encuentra graficado el filtro de 200 micras, sin embargo, al contar con el diámetro de filtro seleccionado y el caudal a pasar la diferencia de pérdida de carga no es significativa por lo que se puede extraer de la gráfica ya establecida, debido a que el caudal requerido por el sistema es de 15,62 m³/h (68,8 gpm), ingresando a la gráfica de la Figura 17 considerando el caudal de 15,62 m³/h, se establece una pérdida de carga de 0,1 bar según la gráfica esto es equivalente a 1,45 psi o 1,02 mca.

Tanto las pérdidas de carga de la válvula y el filtro son requeridas ya que se deben sumar a la Carga Dinámica Total (CDT) para el cálculo del bombeo necesario para el diseño.

5.2.3. Elección de la bomba

Para la selección del equipo de bombeo se calculó mediante la Ecuación 9, los resultados obtenidos se muestran en el Cuadro 18.

Cuadro 18. Carga Dinámica Total Diseño 1.

Carga Dinámica Total	
PSI	Metros
80,62	56,70

La CDT obtenida es de 56,70 mca (80,62 psi), como factor de protección es recomendable ajustar la CDT a 59,77 mca (85 psi) esto como margen de seguridad como disposición de la Empresa Durman Esquivel S.A., al tratarse de un diseño de riego para un campo deportivo, se recomienda presiones altas para protección contra el viento, de igual forma se ajusta el caudal a 15,90 m³/h (70 gpm) para la selección del equipo de bombeo.

Mediante la página de Franklin Electric se obtuvo el sistema de bombeo requerido, ingresando los datos de caudal, CDT y tipo de bomba requerida se obtuvo el resultado, así como los datos y especificaciones técnicas de la bomba seleccionada, obteniendo los siguientes resultados como se observa en el Cuadro 19.

Cuadro 19. Sistema de bombeo Franklin Electric (FE) 5HP.

Bomba FE 5HP	
Modelo	85 GPM 6" SSI Sub-Pump (Build Center)
Caudal (gpm)	70
Caudal (m ³ /h)	15,90
Presión nominal requerida (PSI)	85
Presión nominal requerida (m)	59,77
NPSH disponible	Amplio
NPSH requerido (m)	0
Frecuencia (Hz)	60
Velocidad (rpm)	3450
Eficiencia (%)	58

Fuente: Franklin Electric (2020)

Se seleccionó una bomba Franklin Electric sumergible de 5 HP cuya eficiencia es de 58%, como se mencionó la selección de la bomba se realizó mediante la página de FE, la selección de una bomba sumergible se debe a que su eficiencia es más alta que otros tipos de bombas, las especificaciones técnicas se observan en el Anexo 6, que muestran la ficha técnica de la bomba. La curva característica se muestra en la Figura 18.

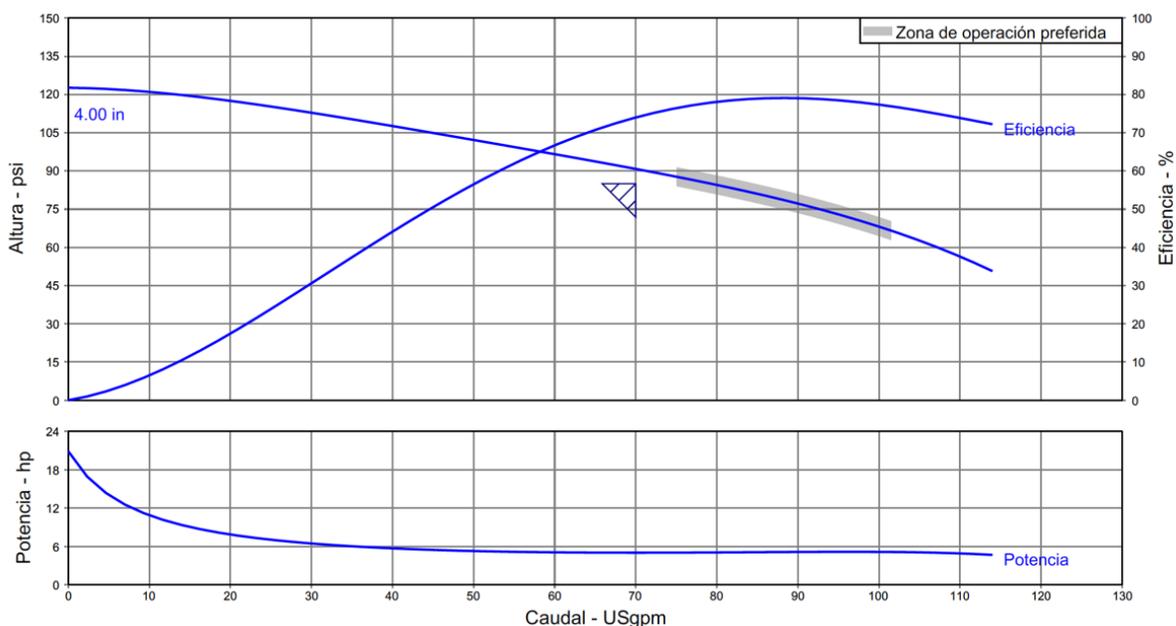


Figura 18. Curva característica de la bomba y potencia FE 5HP.

Fuente: Franklin Electric (2020)

Se obtuvo la curva característica del sistema, en el caso del análisis para el $NPSH_D$ y $NPSH_R$ cuando se realizan sistemas de riego en estadios de fútbol lo óptimo es tener el sistema de bombeo cercano a los tanques de almacenamiento y al ser un terreno plano por los requerimientos del sitio este dato se vuelve depreciable, además de ser una bomba sumergible por lo que el $NPSH_R$ es de 0, de esta forma se descartan problemas de cavitación, es necesario tomar en cuenta que para bombas de superficie es recomendable manejar no más de 5 metros de succión vertical.

5.2.4. Tiempo de riego y lámina a aplicar

El cálculo del tiempo de riego se realizó mediante la Ecuación 10, la lámina a reponer en un sistema de riego es lo perdido por evapotranspiración, mediante el Cuadro 4 que presenta las pérdidas diarias específicas del zacate bermuda en canchas de fútbol según el clima donde se ubique la zona, se determinó una lámina de 6 mm, además fue necesario realizar el cálculo de pluviometría bruta la cual requiere el espaciamiento o marco de aspersion en este caso el diseño

presenta un marco de 20m x 18,75m y caudal del aspersor, los datos obtenidos se observan en el Cuadro 20.

Para este diseño fue necesario realizar el cálculo de 2 tiempos de riego debido a que se están utilizando boquillas diferentes para realizar un balance en la tasa de aplicación, ya que como se menciona anteriormente debido a su boquilla con ángulo ajustado el consumo de caudal varía, por lo que el sistema se programa con 2 tiempos de riego diferentes.

Cuadro 20. Tiempo de riego diseño 1.

Aspersores laterales B16 y B12 (180° y 90°)	
In (mm)	6
Eficiencia	88%
lb (mm)	6,82
Espaciamiento de asp 9,375mx10m	187,5
Caudal de aspersor (gpm)	17,20
Pluviometría bruta (mm/h)	20,83
Ti (h)	0,33
Ti (min)	20
Aspersores centrales B16 (360°)	
In (mm)	6
Eficiencia	88%
lb (mm)	6,82
Espaciamiento de asp 18,75mx20m	375
Caudal de aspersor (gpm)	17,20
Pluviometría bruta (mm/h)	10,42
Ti (h)	0,65
Ti (min)	39

Como se observan en el Cuadro 20, en el caso de los aspersores laterales poseen un tiempo de riego de 0,33 h (20 min) mientras que los aspersores laterales poseen un tiempo de riego de 0,65 h (39 min) prácticamente la mitad del tiempo de riego de los aspersores ubicados a 360°.

como ya fue mencionado este se debe a que mientras un aspersor de 360° realiza un giro, uno ubicado a 180° realiza 2 giros y el caso de los de 90° realizan 4 giros, por lo tanto para que la tasa de aplicación sea uniforme se reduce el tiempo de riego.

5.2.5. Volumen del tanque

El cálculo del volumen del tanque se realizó por medio de la Ecuación 11, tomando en cuenta la lámina neta a aplicar y el área total del campo deportivo, el volumen obtenido es el requerido para aplicar la lámina a toda el área del terreno, como se observa en el Cuadro 21.

Cuadro 21. Volumen de tanque requerido.

Volumen del tanque (litros)	
ln (mm)	6
A (m ²)	7500
V (l)	45000

Se obtuvo un volumen de tanque de 45 000 litros por lo que se seleccionaron 4 tanques de 10 000 litros, los cuales están dispuestos para instalar al costado izquierdo cerca del equipo de bombeo, se brinda un tiempo de recuperación de volumen para los tanques, el cliente se compromete a tener esta parte del diseño resuelta por lo que únicamente se hace del conocimiento el volumen requerido.

5.2.6. Automatización del sistema

5.2.6.1. Selección del sensor de lluvia y módulo de wifi

Para este diseño se incorporó un sensor de lluvia marca Rain Bird RSD-BEX de 24 VCA por disposición del inventario de la empresa Durman Esquivel S.A., el cual identifica la precipitación y de esta forma evita la activación del sistema de riego o bien detiene el mismo si está en funcionamiento, el sensor ahorra agua y extiende la vida útil del sistema de riego midiendo la precipitación automáticamente y evitando que el sistema desperdicie agua cuando llueve, ver Anexo 9 que muestran los aspectos técnicos del sensor de lluvia.

Se incorporó un módulo Ink Rain Bird de wifi el cual se representa similar a un dispositivo USB, que le permite al usuario controlar el sistema de riego mediante un dispositivo electrónico como el celular, por medio de la aplicación de Rain Bird.

5.2.6.2. Selección del control

Para la selección del control se tomó en cuenta la fuente de energía, la cual es de 120 VCA, la cantidad de electroválvulas totales del sistema o sectores totales a regar y los tiempos requeridos de irrigación. Por lo que se seleccionó un control marca Rain Bird modelo ESP-ME, el cual originalmente posee 4 sectores de riego, para este diseño se requieren operar 7 válvulas en total como se observa en la Figura 19, por lo que se requiere agregar un módulo de expansión de 3 estaciones, el control hará uso de los 7 sectores ya que opera una válvula por turno, es importante tomar en cuenta que se está seleccionando un control que puede expandir sus zonas de riego esto para requerimientos o cambios futuros, el control puede ser expandible hasta 22 sectores, en el Anexo 10 se observan las características técnicas del control ESP-ME.

5.2.6.3. Selección de cableado eléctrico

El cable seleccionado para este diseño es el cable marca Paige Irrigation calibre 14, la selección del calibre 14 para este diseño se debe a que en campos deportivos por la aplicación y condiciones eléctricas se utiliza este calibre, el cable seleccionado posee un recubrimiento especial debido a que en campos deportivos profesionales se da constantemente la fertilización del campo, estos ácidos pueden llegar a dañar el cable por ejemplo un calibre 18, por eso en campos deportivos profesionales se utiliza calibre 14 o 16 de Paige con recubrimiento especial, por disposición de inventario de la empresa para este diseño se implementa cable calibre 14, el calibre 14 no requiere encamisado o tubería eléctrica por su composición de material, protección y el uso para el que es requerido, por lo que su distribución se realizó junto con la tubería principal.

5.2.6.4. Programación del sistema

Para la programación del riego se tomó en consideración los tiempos de riego determinados según la boquilla y pluviometría que se maneja, por lo que se enumeró las válvulas para facilitar su visualización como se observa en la Figura 20.

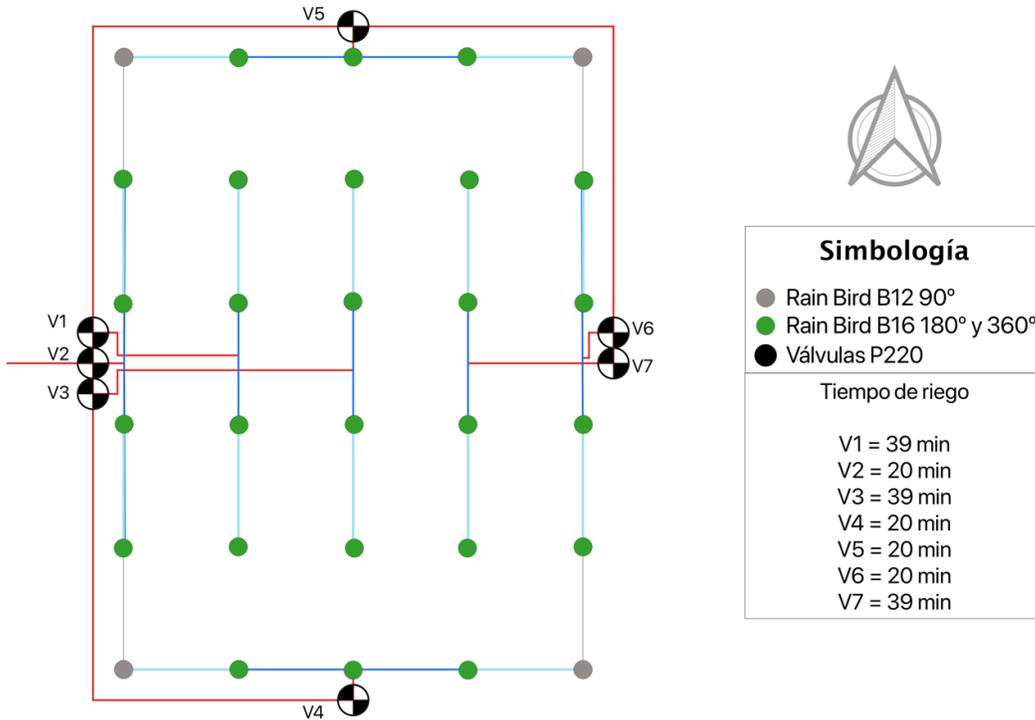


Figura 19. Tiempos de riego Diseño 1.

Como se observa en la Figura 20, los tiempos de riego se establecieron por válvulas según lo calculado mediante sus caudales y pluviometría, la programación se observa en el Cuadro 22.

Cuadro 22. Programación del sistema de riego diseño 1.

Día	Válvula	Tiempo de riego (min)
L-D	1	39
L-D	2	20
L-D	3	39
L-D	4	20
L-D	5	20

Día	Válvula	Tiempo de riego (min)
L-D	6	20
L-D	7	39

Como se observa en el Cuadro 22, la programación del riego se estableció de lunes a domingo esto para los meses en el que el riego se requiere al 100%, ya que la lámina a reponer es una pérdida diaria por lo que se debe aplicar todos los días en la medida del caso posible, se puede observar que las válvulas a programar son 7 ya que son las 7 con las que contamos en campo, cada una deberá realizar un arranque por turno, el control seleccionado es un control marca Rain Bird, el cual posee 4 programas y permite 24 horas de arranque por día para el total de los 4 programas, por lo que no hay problema con la operación de cada una.

Se debe tomar en cuenta el Cuadro 3 que presenta los meses y porcentaje de requerimiento del riego, una vez que los meses donde se requiere el 100% del riego hayan pasado el operario deberá disminuir el riego según lo indicado o los días de irrigación del sistema, a nivel comercial no sucede con frecuencia por disposiciones de la empresa la irrigación se mantiene al 100% en cuanto a programación cuando se tratan de zonas verdes con la implementación del sensor de lluvia también se facilita el control.

5.2.7. Modelación del sistema con el software WaterCAD

5.2.7.1. Velocidades del sistema

Mediante la herramienta WaterCAD, agregando cada uno de los diámetros de tubería a la simulación, caudal del sistema y características de la bomba seleccionada para este diseño se pudo corroborar mediante simulación real las velocidades del sistema como se observa en la Figura 20.

Para la obtención de velocidades se transportó el modelo original desde el software AutoCAD, manteniendo de esta forma la longitud en tuberías reales, una vez en la plataforma de WaterCAD se agregaron los diámetros, caudal de emisión de cada uno aspersores (nodos),

se incorporó una bomba como parte de la simulación a la cual se le agregó una presión de 59,77 mca (85 psi) y caudal de 15,90 m³/h (70 gpm) y demás aspectos requeridos por el software, y se realizó la simulación del lateral más crítico, obteniendo velocidades similares a las obtenidas anteriormente mediante cálculos manuales, como se puede ver en la Figura 20 en laterales se mantienen velocidades de 0,91 m/s y 1,39 m/s y la múltiple y principal se mantiene una velocidad de 1,22 m/s, estableciéndose en el rango de velocidad permisible.

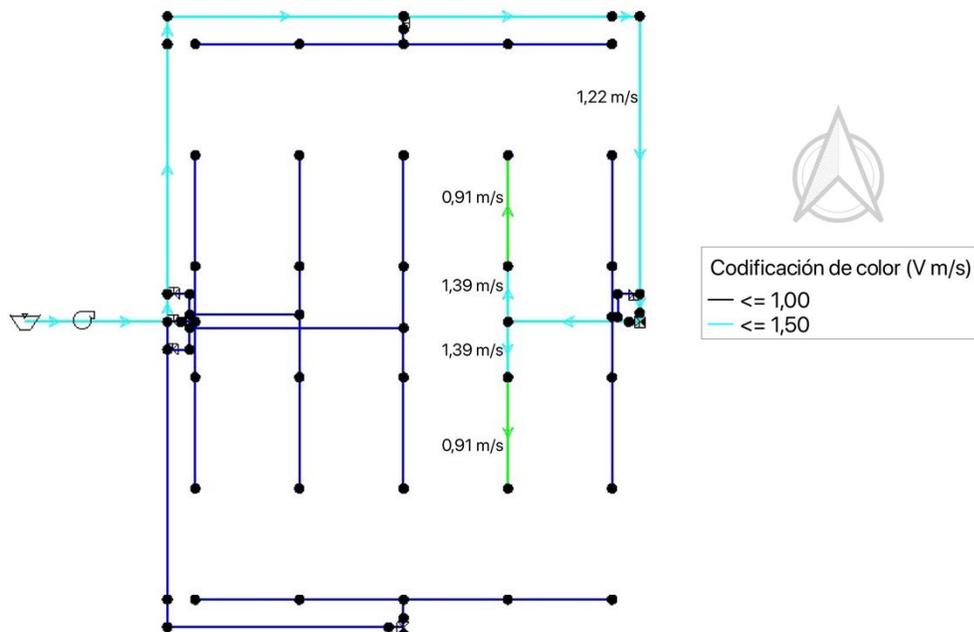


Figura 20. Velocidades obtenidas mediante simulación hidráulica.

5.2.7.2. Presiones del sistema

Mediante la simulación del diseño 1 se obtuvieron las presiones del sistema, de igual forma se realizó la simulación del lateral más crítico obteniendo una presión distal de 48,84 mca (69,45 psi) siendo esta similar al cálculo obtenido manual, la presión a la entrada del lateral obtenida es de 49,74 mca (71 psi), similar a la obtenida mediante cálculos manuales. La simulación hidráulica por medio del software permite ver el comportamiento del sistema en tiempo real y verifica la estabilidad hidráulica y funcionalidad del sistema de riego.

Además, le permite al cliente tener el modelo y poder realizar pruebas realizando variaciones al mismo, para corroborar funcionalidad en cambios.

Para esta simulación se utilizó el caudal requerido por cada emisor de $3,91 \text{ m}^3/\text{h}$ (17, gpm) así como sus diámetros de tubería seleccionados. Los resultados de las presiones obtenidas se observan en la Figura 21.

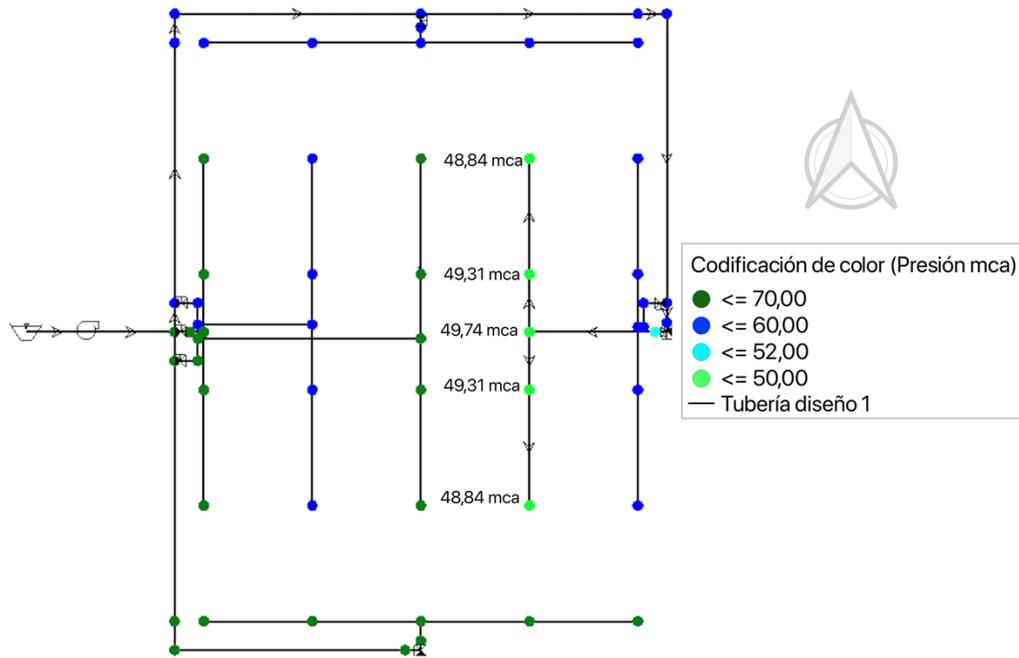


Figura 21. Presiones obtenidas mediante simulación hidráulica.

5.3. Diseño de riego 2

5.3.1. Diseño hidráulico

5.3.1.1. Selección y distribución de aspersores

Se seleccionó el aspersor marca Toro modelo TS90 debido a que es equivalente comercialmente al aspersor 8005 de Rain Bird, cuyo uso es destinado para canchas deportivas, mediante la ficha técnica del mismo a una presión de 49,22 mca equivalente a 70 psi se seleccionaron las boquillas a utilizar como se observa en el Cuadro 23.

Cuadro 23. Datos de las boquillas seleccionadas del aspersor TS90.

Presión (mca)	Número de boquilla	Caudal (m³/h)	Radio (m)	Radio ajustado (m)	Pluviometría (mm/h)
49,22	B1-Arco 90°	3,72	16,76	19	14,2 - 15,2
	B2-Arco 180°	5,02	17,98	20	14,2 - 15,2
	B3-Arco 360°	5,56	18,59	20	14,2 - 15,2

Como se observa en el Cuadro 23, al igual que en el diseño 1 se seleccionó una presión de 49,22 mca (70 psi) ya que se debe mantener un margen de seguridad de protección contra el viento, a pesar de ser un estadio de fútbol y poseer muros que protegen del viento es necesario manejar estos sistemas con altas presiones para asegurar que el chorro de agua proveniente de los aspersores no se pierda por acción del viento debido a eso para los diseños de riego en campos deportivos se trabajan presiones medias de 49,22 mca (70 psi).

El número de boquilla y ángulo de ajuste se seleccionó según la ubicación de los aspersores dentro campo deportivo, en este caso la ubicación de los emisores se mantiene al igual que el diseño 1, al utilizar boquillas distintas estas difieren en su valor de caudal, una boquilla número 1 posee menor caudal (3,72 m³/h) que una boquilla número 3 (5,56 m³/h). A diferencia con el diseño 1, para el diseño 2 se está utilizando un aspersor diferente al Rain Bird 8005 por lo que sus caudales difieren notablemente.

Su radio de mojado al igual que el caudal difiere según el número de boquilla, entre más pequeño sea el número de boquilla más pequeño será su radio de acción, es decir, es directamente proporcional, a pesar de eso en campo se puede ajustar manualmente para lograr brindar unos metros más de acción manipulando el aspersor y la boquilla por lo que se ajustó su radio a 19 m y 20 m.

Al igual que el aspersor Rain Bird 8005, el aspersor Toro TS90 posee su respectiva pluviometría, la cual representa una función importante en la selección del aspersor, en el caso de este diseño no se tiene pluviometrías específicas por boquilla, ya que el aspersor posee un rango de pluviometría de 14,2 mm/h a 15,2 mm/h, lo que genera que su pluviometría sea regular y no se tengan problemas con irregularidades en la selección de boquillas, estos valores se observan en el Cuadro 23. Al igual que el diseño 1, esta pluviometría no puede superar la capacidad de infiltración del campo, se debe tomar en cuenta que cuando se diseña un sistema de riego en un campo deportivo está compuesto de material arenoso para permitir la infiltración en un rango de tiempo de 50-60 min, la velocidad de infiltración promedio de la arena transcurridos 60 min es de 50 mm/h, por lo que está por encima de la pluviometría seleccionada.

La selección de las boquillas número 1, 2 y 3 se debe a su consumo de caudal, la colocación de los aspersores Toro TS90 según las boquillas a utilizar dentro del terreno se observa en la Figura 22.

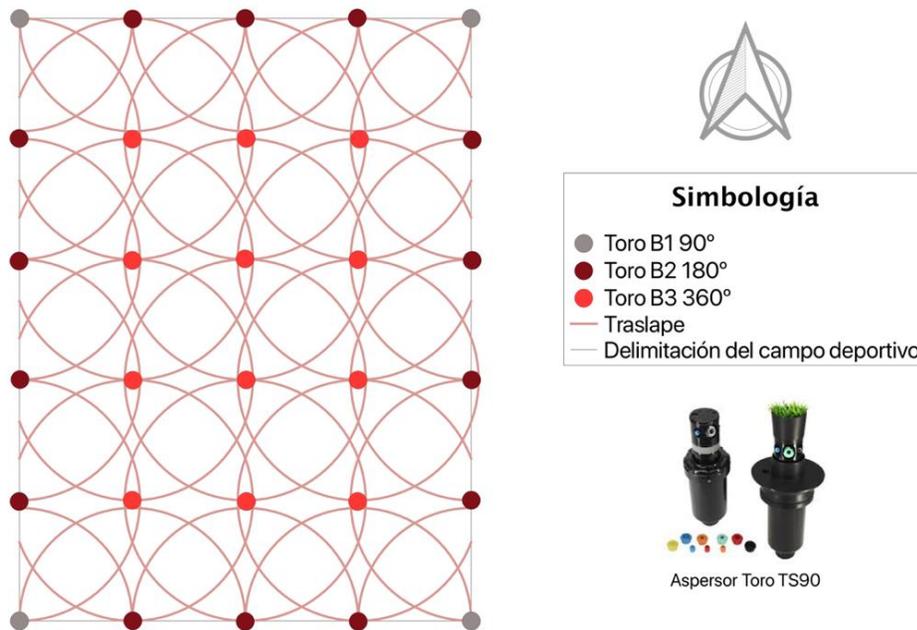


Figura 22. Traslape de aspersores diseño2.

Como se observa en la Figura 22 la distribución de los aspersores es en marco rectangular 20m x 18,75m al igual que el diseño 1, los aspersores con boquillas número 1 poseen su ángulo ajustado a 90° ubicados en las esquinas del terreno, los aspersores con boquillas número 2 poseen su ángulo ajustado a 180° ubicados en los costados del terreno y los aspersores con boquillas número 3 poseen su ángulo a 360° ubicados de forma central dentro del campo deportivo, a diferencia con el diseño 1, para el diseño 2 se manejan 3 boquillas diferentes esto se debe a que, en el caso del diseño 1 el trazo de tuberías fue realizado de forma que solamente 2 laterales tuvieron combinación de boquillas, sin embargo, en el caso del diseño 2 su trazo es diferente al del diseño 1, el cual será detallado más adelante.

Cuando en un lateral hay combinación de aspersores con sus ángulos ajustados 90°, 180° y 360° se debe hacer uso de boquillas diferentes para que se contrarreste el consumo de caudal por giro, en el caso del diseño 1 posee apenas 2 laterales con combinaciones ya que los otros operan de forma separada.

El radio de alcance se estableció como 19 m para los aspersores ubicados en las esquinas, 20 m para el total del diseño restante, a pesar de utilizar boquillas distintas su radio de alcance

se puede ajustar en campo para obtener el radio deseado y un diseño simétrico con más del 90% de traslape entre aspersores como se observa en la Figura 22, además de ajustar su radio de acción se seleccionó una presión media de 49,22 mca (70 psi) para mantener un margen de seguridad contra la acción del viento.

5.3.1.2. Trazo de tuberías y distribución de válvulas

Una vez ubicados los aspersores con sus respectivas boquillas se procedió a realizar el trazo de tuberías y distribución de válvulas tal y como se observa en la Figura 23.

El trazo de tuberías y distribución de válvulas se realizó de esta manera para facilitar la instalación del sistema, reducir los costos de materiales del proyecto y balancear los elementos que componen el diseño, es necesario que cada válvula contemple la misma cantidad de aspersores, en este diseño cada válvula opera 5 aspersores por igual en todo su diseño, únicamente se toma en cuenta el tamaño de su boquilla, tomando en consideración su consumo de caudal, por ello a diferencia del diseño 1, al mezclar los aspersores centrales con aspersores ubicados a los costados se debe hacer cambio de boquillas para que su tasa de aplicación sea balanceada.

5.3.1.3. Diseño de laterales

Para el diseño de los laterales de riego se tomaron en cuenta las condiciones más críticas, al ser un terreno plano no hay problema de presión debido a desniveles, por lo que se tomó como condición crítica el tramo más lejano y con mayor consumo de caudal para realizar el diseño de los laterales tal y como se observa en la Figura 23.

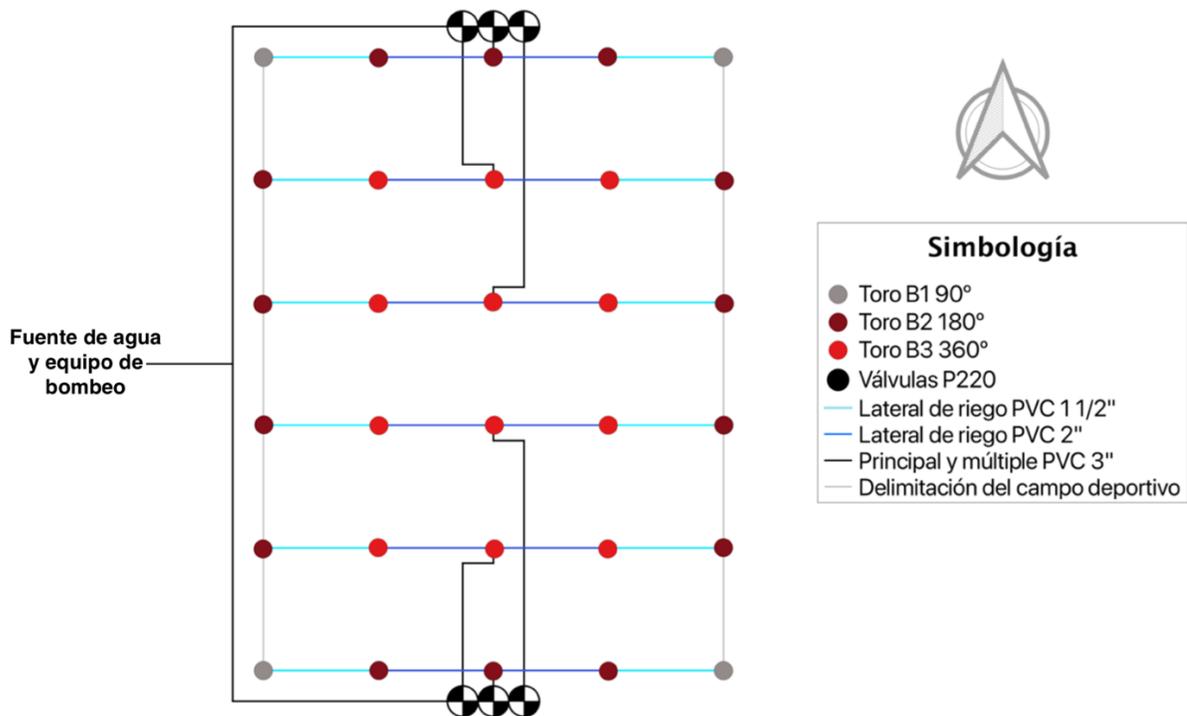


Figura 23. Trazo de tubería principal, múltiple y lateral de riego.

Por medio de la Ecuación 1 de Hazen Williams se determinaron las pérdidas por fricción en los laterales de riego, se realizó combinación de diámetros para el diseño de los laterales con el fin de reducir costos del sistema, se establecieron diámetros de tubería por medio del Anexo 1, que indica la capacidad de agua en tubería PVC según el diámetro, de manera que la velocidad se mantuviera dentro del rango de velocidad permisible (0,5 m/s – 1,5 m/s) y de esta forma determinar las pérdidas por fricción en el lateral, tal y como se observa en el Cuadro 24.

Para el caso del primer lateral de 38mm (1 1/2”) ubicado al centro del campo deportivo la tubería únicamente transporta el caudal de 1 aspersor siendo este 5,56 m³/h, por lo que el diámetro seleccionado para este lateral posee la capacidad para transportar dicho caudal según el Anexo 1 y posee una velocidad de 0,99 m/s, por lo que se mantiene dentro del rango de velocidad permisible. El segundo lateral de 50mm (2”) transporta el caudal de 2 aspersores siendo éste 11,13 m³/h, el diámetro seleccionado posee la capacidad de transporte de este caudal y posee una velocidad de 1,23 m/s por lo que se mantiene dentro del rango de velocidad permisible (0,5 m/s – 1,5 m/s). A diferencia del diseño 1, este diseño posee 5 emisores, el caudal ingresa por el emisor del centro y se divide hacia los demás emisores.

La longitud de cada lateral se determinó por medio de la herramienta AutoCAD y el diámetro interno de cada tubería por medio del Anexo 11 que contempla los diámetros internos de cada tubería según su diámetro comercial. Una vez conocidos los valores de caudal, longitud y diámetro se procedió con el cálculo de las pérdidas por fricción obteniendo un resultado de 1,08 m (1,54 psi) a lo largo de todo el lateral.

Es importante tomar en cuenta que la ecuación utilizada contempla un factor de seguridad de 1,1 este factor funciona como protección, según disposiciones de la Empresa Durman Esquivel S.A.

Cuadro 24. *Determinación de pérdidas por fricción en el lateral más crítico.*

Tramo	Factor de seguridad	Longitud (m)	Caudal (m³/h)	Diámetro interno(mm)	Hf (m)	Hf (psi)	Velocidad (m/s)
Lateral PVC 38mm	1,1	18,75	5,56	44,6	0,48	0,68	0,99
Lateral PVC 50mm		18,75	11,13	55,37	0,61	0,86	1,29

5.3.1.4. Diseño de tubería principal y múltiple

El diseño de la tubería principal y múltiple se realizó por medio del método de velocidad permisible (Ecuación 2) y el Anexo 1, que indica la capacidad de caudal según el diámetro de la tubería, y se calcularon las pérdidas por fricción mediante la Ecuación 1.

Como se observa en el Cuadro 25, se obtuvo un diámetro para tubería principal y múltiple de 75 mm (3”), se obtuvo tomando en consideración el caudal total a transportar por el sistema el cual es de 27,82 m³/h (122,5 gpm), éste representa el caudal de los 5 emisores del lateral más crítico, su velocidad es de 1,46 m/s y se encuentra dentro del rango de velocidad permisible (0,5 m/s – 1,5 m/s), se debe mantener una velocidad adecuada para evitar golpes de ariete. Es importante resaltar que al igual que el diseño 1, el sistema está para operar una válvula por turno que viene siendo el caudal del sistema, dado por los 5 aspersores del lateral que está en funcionamiento, se establece de esta forma para minimizar costos debido que la operación de 2

laterales por turno implica diámetros de tubería principal y múltiple superiores, otro aspecto importante es el SDR establecido para este diseño, el cual es un SDR 26 que soporta la presión del sistema y el ciclaje que dan las válvulas las cuales se encuentran en constante cierre y apertura.

Cuadro 25. *Determinación de diámetro y pérdidas por fricción en la múltiple y principal.*

Tramo	Factor de seguridad	Longitud (m)	Caudal (m³/h)	Diámetro interno (mm)	Hf (m)	Hf (psi)	Velocidad (m/s)
Principal y múltiple 75mm	1,1	166,5	27,82	82	4,33	6,16	1,46

Como se puede observar, a diferencia del diseño 1, el diseño 2 presenta caudales mayores esto debido a que el aspersor demanda mayor caudal por lo que se tienen mayores diámetros de tubería.

Una vez obtenidas las pérdidas totales primarias de todo el sistema se procedió a realizar el cálculo de pérdidas secundarias mediante la Ecuación 3, los resultados obtenidos se observan en el Cuadro 26.

Cuadro 26. *Pérdidas por fricción totales.*

Pérdidas totales obtenidas			
PSI		Metros	
HF 1	7,71	HF 1	5,42
HF 2	0,38	HF 2	0,27
HF totales	8,10	HF totales	5,69

Como se observa en el Cuadro 26 las pérdidas por fricción totales del sistema son 5,69 m (8,10 psi) las cuales son producto de la sumatoria de pérdidas en los laterales, múltiple y tubería principal, las pérdidas secundarias son importante considerarlas debido a que representan las pérdidas ubicadas en accesorios o cambios de dirección en el trayecto de la tubería, este cálculo se realizó considerando un 5% de las pérdidas por fricción primarias.

A diferencia del diseño 1, para este diseño se obtuvieron menores pérdidas por fricción totales esto se debe a que el diseño 1 presenta longitudes de tubería mayores a las del diseño 2.

El diseño 1 posee mayor estabilidad hidráulica por su trazo y distribución de componentes en comparación con el diseño 2.

5.3.1.5. Presión admisible

Mediante la Ecuación 4 se determinó la presión admisible como se muestra en el Cuadro 27.

Cuadro 27. Presión admisible (Pad).

Presión admisible 20%Po			
Po (psi)	70	Pad (psi)	14
Po (m)	49,22	Pad (m)	9,84

Como se observa en el Cuadro 27, se obtuvo una presión admisible de 9,843 m (14 psi) usando la presión de operación de 49,22 mca (70 psi), el cálculo de la presión admisible es importante ya que la diferencia de presión entre el primer y último aspersor no debe superar al 20% de la presión de operación de los aspersores, en el caso del diseño 2 se mantiene la misma presión de operación al igual que el diseño 1.

5.3.1.6. Presión a la entrada del lateral

La presión a la entrada del lateral se determinó por medio de la Ecuación 5, los resultados obtenidos se observan en el Cuadro 28.

Cuadro 28. Presión a la entrada del lateral (PE lat).

Presión a la entrada del lateral			
PSI		Metros	
Presión de operación	70	Presión de operación	49,22
Pérdidas por fricción en el lateral	1,55	Pérdidas por fricción en el lateral	1,09
PE lat (psi)	71,16	PE lat (m)	50,04

Como se observa en el Cuadro 28, se obtuvo la presión a la entrada del lateral tomando en cuenta la presión de operación del aspersor y las pérdidas por fricción en el lateral, obteniendo resultados de 50,04 m (71,16 psi).

5.3.1.7. Presión a la entrada de la múltiple

La presión a la entrada de la múltiple se determinó por medio de la Ecuación 6, los resultados obtenidos se observan en el Cuadro 29.

Cuadro 29. Presión a la entrada de la múltiple (PE v).

Presión a la entrada de la múltiple			
PSI		Metros	
PE lat	71,16	PE lat	50,04
Pérdidas por fricción en la múltiple	1,85	Pérdidas por fricción en la múltiple	1,30
PE v	72,55	PE v	51,02

Como se observa en el Cuadro 29, se obtuvo la presión a la entrada de la múltiple tomando en cuenta la presión a la entrada de la lateral calculada en el punto anterior y las pérdidas por fricción en la múltiple las cuales se calcularon mediante la Ecuación 1 de Hazen Williams, obteniendo resultados de 51,02 m (72,55).

5.3.1.8. Presión distal

El cálculo de la presión distal se realizó mediante la Ecuación 7, los resultados obtenidos se observan en el Cuadro 30.

Cuadro 30. Presión distal (Pd).

Presión distal			
PSI		Metros	
PE v	72,55	PE v	51,02
Pérdidas por fricción en el lateral	1,55	Pérdidas por fricción en el lateral	1,09
Pérdidas por fricción en la múltiple	1,85	Pérdidas por fricción en la múltiple	1,30

Presión distal			
PSI		Metros	
Pd	69,15	Pd	48,63

Como se observa en el Cuadro 30, mediante la Ecuación 7 se obtuvo los resultados de presión distal, esta presión se ubica en la última salida del lateral de riego o último aspersor, obteniendo un resultado de 48,63 m (69,15 psi)

5.3.1.9. Diferencia de presión entre el primer y último aspersor

La diferencia de presión entre la primera y última salida se realizó mediante la Ecuación 8, los resultados obtenidos se observan en el Cuadro 31.

Cuadro 31. *Diferencia de presión entre el primer y último aspersor.*

Diferencia de presión			
PSI		Metros	
PE v	72,55	PE v	51,02
Pd	69,15	Pd	48,63
Δp	3,40	Δp	2,39

Como se observa en el Cuadro 31, se obtuvo la diferencia de presión entre el primer y último aspersor obteniendo 2,39 m (3, 40 psi), lo que indica que el diseño del lateral es óptimo ya que este valor nunca debe superar a las presión admisible, en este caso se obtuvo una diferencia de presión entre el primer y último aspersor de 2,38 m (3, 40 psi) y la presión admisible es de 9,84 m (14 psi), por lo que el lateral se encuentra bien diseñado, a diferencia del diseño 1 se obtuvo un Δp mayor en el diseño 2.

5.3.2. Selección de válvulas y filtro

Para la selección de la válvula se tomó en cuenta el caudal a pasar por la misma, en este diseño el caudal a pasar por la válvula es de 27,82 m³/h (122,5 gpm), revisando en el catálogo de la marca Toro y el inventario de Durman Esquivel S.A., se seleccionó la válvula P220 de 50

mm (2”), la cual opera a 24 VAC y permite el paso de 122,5 gpm el equivalente a 27,82 m³/h, la selección de esta válvula se debe a que permite el paso del caudal requerido, a diferencia del diseño 1 que se seleccionó una válvula de 38mm (1 ½”) en este diseño se seleccionó una de 50 mm (2”) debido a que su caudal así lo requiere. Mediante la ficha técnica de la misma se determinó la pérdida por fricción de la válvula tal y como se muestra en el Cuadro 32.

Cuadro 32. Pérdidas por fricción electroválvula P220 Diseño 2.

Pérdidas por fricción electroválvula modelo P220				
Diámetro de válvula	Tipo	Caudal (m³/h)	Pérdidas por fricción (m)	Pérdidas por fricción (PSI)
50mm (2”)	Globo	27,82	3,94	5,60

Como se observa en el Cuadro 32, a 27,82 m³/h, seleccionando una válvula de 50 mm (2”) de globo se obtienen las pérdidas de 3,94 m equivalente a 5,6 psi, las características específicas de la válvula se pueden observar en el Anexo 4, que muestra su ficha técnica.

La selección de la válvula tipo globo se debe a disposiciones de la empresa Durman Esquivel e inventario disponible, el diámetro asegura el paso del caudal que requiere el sistema.

Para la selección del filtro se realizó tomando en cuenta los requerimientos del sistema, la fuente de agua se considera de mala calidad (Tipo C) como consideración crítica, se seleccionó un filtro de anillas tomando en cuenta su facilidad para dar mantenimiento, su utilidad seleccionada fue filtración media para aspersion (Anillas amarillas) y su micraje establecido es de 200 micras o 80 mesh, estos datos se observan en el Anexo 5, que muestra su ficha técnica.

Al igual que las válvulas los filtros poseen gráficas para determinar las pérdidas por fricción, el filtro seleccionado es un filtro manual el cual se ubica a la salida de la bomba en un diámetro de 3”, las pérdidas se pueden observar en la Figura 24.

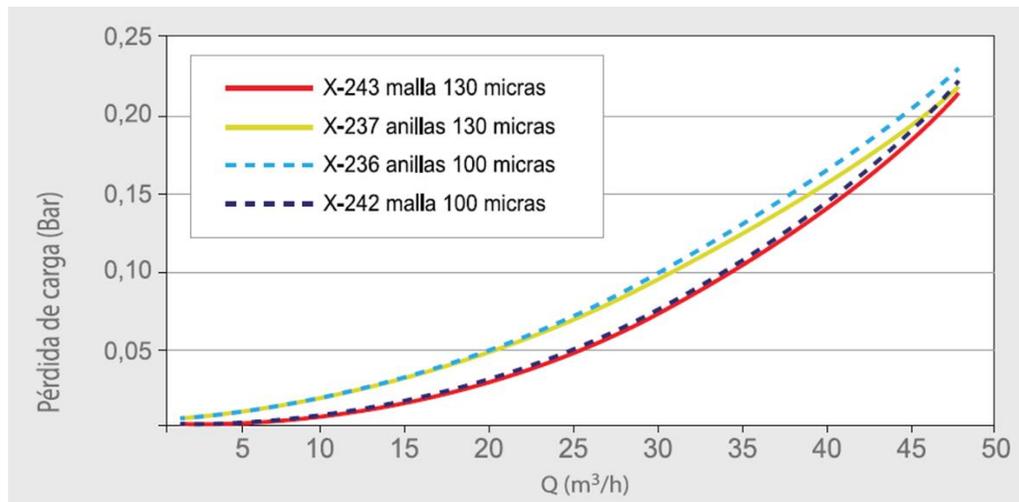


Figura 24. Pérdida de carga en filtro manual de 75 mm.

Fuente: Jimten (2020)

Como se observa en la Figura 24 no se encuentra graficado el filtro de 200 micras, sin embargo, al contar con el diámetro de filtro seleccionado y el caudal a pasar la diferencia de pérdida de carga no es significativa por lo que se puede extraer de la gráfica ya establecida, debido a que el caudal requerido es de 27,82 m³/h (122,5 gpm) ingresando a la gráfica con ese valor, se establece una pérdida de carga de 1,01 psi o 0,71 mca.

A diferencia del diseño 1, en este diseño se obtuvieron menores pérdidas de fricción tanto en válvulas como en el filtro seleccionado, debido a que mayor diámetro menores van a ser las pérdidas. Tanto las pérdidas de carga de la válvula y el filtro son requeridas ya que se deben sumar a la Carga Dinámica Total (CDT) para el cálculo del bombeo necesario para el diseño.

5.3.3. Elección de la bomba

Para la selección del equipo de bombeo se debe conocer la CDT, la cual se calculó mediante la Ecuación 9, los resultados obtenidos se observan en el Cuadro 33.

Cuadro 33. Carga Dinámica Total Diseño 2.

Carga Dinámica Total	
PSI	Metros
84,71	59,57

Como se observa en el Cuadro 33, la CDT obtenida es de 59,57 mca (84,71 psi) como resultado de la sumatoria, de pérdidas por fricción totales primarias y secundarias, pérdidas por fricción en válvulas, filtro y la presión de operación de los aspersores, como factor de protección es recomendable ajustar la CDT a 59,77 mca (85 psi) al tratarse de un diseño de riego para un estadio de fútbol se recomienda presiones altas para protección contra el viento, de igual forma se ajusta el caudal 27,93 m³/h (123 gpm) para la selección del equipo de bombeo. Como se observa la diferencia entre el diseño 1, es que el diseño 2 requiere mayor carga dinámica a pesar de poseer la misma cantidad de aspersores, por su diseño demanda más carga, es decir, su trazo de tubería difiere al diseño 1, además de que el caudal del diseño 2 es superior al diseño 1 con el aspersor 8005 de Rain Bird, debido a que los aspersores TS90 demandan mayor caudal.

Mediante la página de Franklin Electric ingresando con el valor de CDT obtenido, caudal total del sistema y tipo de bomba a requerir, se obtuvo el sistema de bombeo requerido, así como los datos y especificaciones técnicas de la bomba seleccionada, obteniendo los siguientes resultados como se observa en el Cuadro 34.

Cuadro 34. Sistema de bombeo Franklin Electric (FE) 7HP.

Bomba FE 7HP	
Modelo	150 GPM 6" SSI Sub-Pump (Build Center)
Caudal (gpm)	123
Caudal (m ³ /h)	27,93
Presión nominal requerida (psi)	85
Presión nominal requerida (m)	59,77
NPSH disponible	Amplio
NPSH requerido (m)	0
Frecuencia (Hz)	60
Velocidad (rpm)	3450
Eficiencia (%)	58

Como se observa en el Cuadro 34, se seleccionó una bomba Franklin Electric sumergible de 7,5 HP, la elección de una bomba sumergible se debe a que su eficiencia es mayor que otros

tipos de bombas por ejemplo una centrífuga, como se mencionó la selección de la bomba se realizó mediante la página de FE, las especificaciones técnicas se observan en el Anexo 7, que muestran la ficha técnica de la bomba. La curva característica se muestra en la Figura 25.

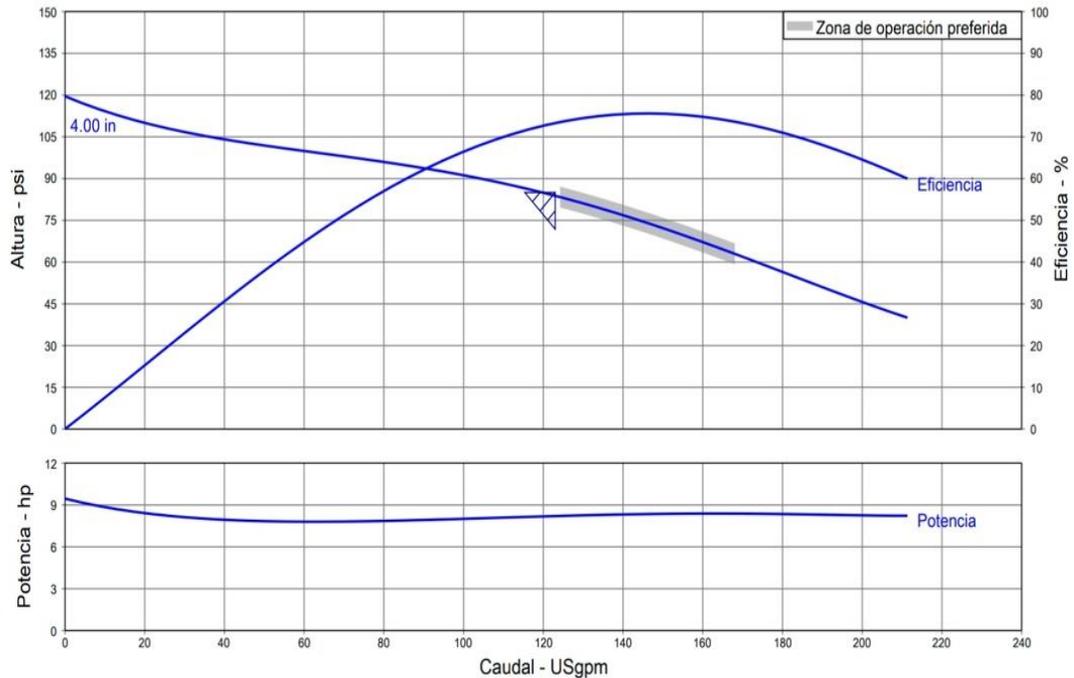


Figura 25. Curva característica de la bomba y potencia 7HP.

Franklin Electric (2020)

Como se observa en la Figura 25, se obtuvo la curva característica del sistema, en el caso del análisis para el $NPSH_D$ y $NPSH_R$ cuando se realizan sistemas de riego en estadios lo óptimo es tener el sistema de bombeo cercano a los tanques de almacenamiento y al ser un terreno plano por los requerimientos del sitio este dato se vuelve depreciable, de esta forma se descartan problemas de cavitación, para el caso del diseño 2 se seleccionó una bomba sumergible por que el $NPSH_R$ es 0.

5.3.4. Tiempo de riego y lámina a aplicar

El cálculo del tiempo de riego se realizó mediante la Ecuación 10, la lámina a reponer en un sistema de riego es lo perdido por evapotranspiración, mediante el Cuadro 4 que presenta las pérdidas diarias específicas del zacate bermuda en canchas de fútbol según el clima donde se

ubique la zona, se determinó una lámina de 6 mm, además fue necesario realizar el cálculo de pluviometría bruta la cual requiere el espaciamiento o marco de aspersión en este caso el diseño presenta un marco de 18,75 m x 20 m y caudal del aspersor, los datos obtenidos se observan en el Cuadro 35.

Para este diseño fue necesario realizar el cálculo de 2 tiempos de riego debido a que se están utilizando boquillas diferentes para realizar un balance en la tasa de aplicación, ya que como se menciona anteriormente debido a su boquilla con ángulo ajustado el consumo de caudal varia, por lo que el sistema se programa con 2 tiempos de riego diferentes.

Cuadro 35. Tiempo de riego Diseño 2.

Aspersores centrales y laterales B3 y B2 (360° y 180°)	
In (mm)	6
Eficiencia	0,88
lb (mm)	6,82
Espaciamiento de asp 18,75mx20m	375
Caudal de aspersor (gpm)	24,5
Pluviometría bruta (mm/h)	14,84
Ti (h)	0,46
Ti (min)	28
Aspersores laterales y esquineros B2 y B1 (180° y 90°)	
In (mm)	6
Eficiencia	0,88
lb (mm)	6,82
Espaciamiento de asp 9,37mx10m	187,50
Caudal de aspersor (gpm)	22,1
Pluviometría bruta (mm/h)	26,77
Ti (h)	0,25
Ti (min)	15

En el caso de los aspersores centrales poseen un tiempo de riego de 0,46h (28 min) mientras que los aspersores laterales y esquineros poseen un tiempo de riego de 0,25h (15 min) prácticamente la mitad del tiempo de riego de los aspersores ubicados a 360°, como ya fue mencionado este se debe a que mientras un aspersor de 360° realiza un giro, uno ubicado a 180° realiza 2 giros y el caso de los de 90° realizan 4 giros, por lo tanto para que la tasa de aplicación sea uniforme se reduce el tiempo de riego.

5.3.5. Volumen del tanque

Para el cálculo del volumen se mantiene igual al diseño 1.

5.3.6. Automatización del sistema

5.3.6.1. Selección del sensor de lluvia

Para este diseño a diferencia del diseño 1 se incorpora únicamente el sensor de lluvia RSD-BEX de 24 VCA, debido a que a nivel comercial para Costa Rica la compañía Toro no tiene disponible aún un módulo para conexión wifi. El sensor de lluvia a pesar de ser de la marca Rain Bird si posee compatibilidad con el sistema de Toro.

5.3.6.2. Selección del control

La selección del control se realizó tomando en consideración la fuente de energía la cual es de 120 VCA, la cantidad de electroválvulas totales del sistema o sectores totales a regar y los tiempos requeridos de irrigación. Por lo que se seleccionó un control marca Toro modelo Evolution, el cual originalmente posee 4 sectores de riego, para este diseño se requieren 6 válvulas en total como se observa en la Figura 26, por lo que los sectores de riego son 6 ya que el sistema opera una válvula por turno de riego, debido a este se requiere incluir un módulo de expansión por disponibilidad de producto e inventario el módulo seleccionado es de 4 sectores, por lo que el control tendrá un total de 8 sectores de riego donde hará uso de 6 de ellos, es importante tomar en cuenta que se está seleccionando un control que puede expandir sus zonas

de riego esto para requerimientos o cambios futuros, el control puede ser expandible hasta 16 sectores, en el Anexo 8 se observan las características técnicas del control Evolution.

5.3.6.3. Selección de cableado

La selección de cableado se mantiene igual al diseño 1 por disposiciones de la Empresa y debido a que el cable calibre 14 es el recomendado para este tipo de proyectos.

5.3.6.4. Programación del sistema

Para la programación del riego se tomó en consideración los tiempos de riegos de riego determinados según la boquilla y pluviometría que se maneja, por lo que se enumeró las válvulas para facilitar su visualización como se observa en la Figura 26.

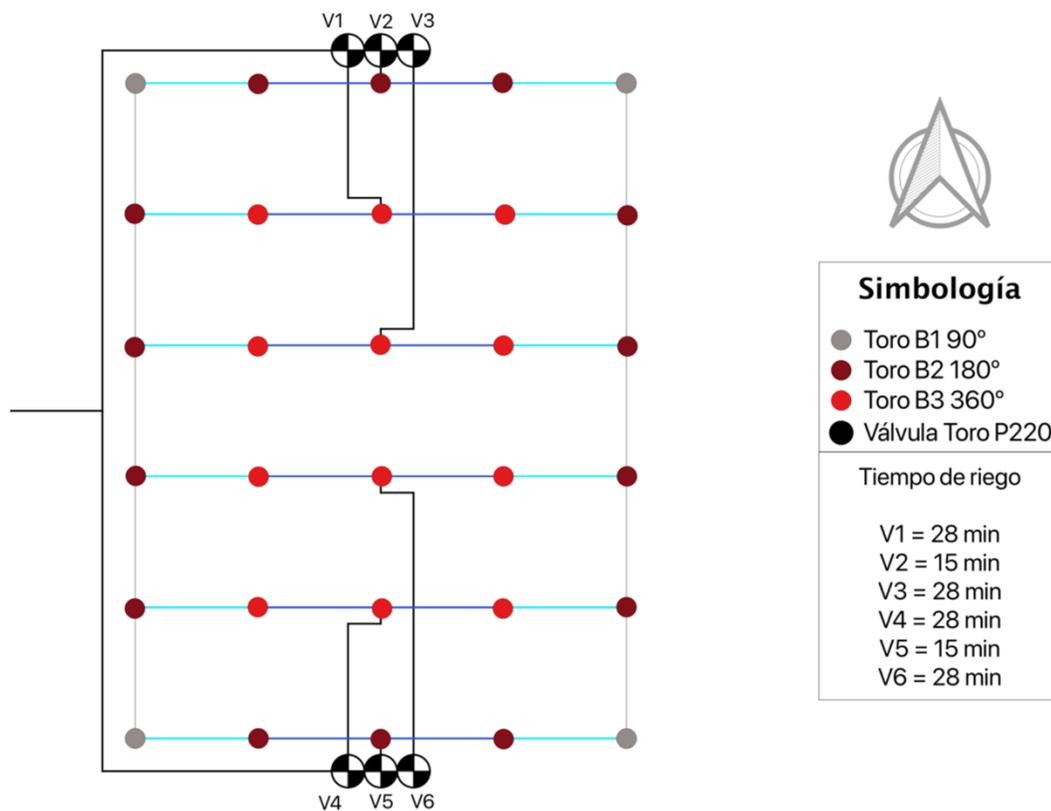


Figura 26. Tiempos de riego Diseño 2.

Como se observa en la Figura 26, los tiempos de riego se establecieron por válvulas según lo calculado mediante sus caudales y pluviometría, la programación se observa en el Cuadro 36.

Cuadro 36. Programación del sistema de riego Diseño 2.

Día	Válvula	Tiempo de riego (min)
L-D	1	28
L-D	2	15
L-D	3	28
L-D	4	28
L-D	5	15
L-D	6	28

Como se observa en el Cuadro 36, la programación del riego se estableció de lunes a domingo esto para los meses en el que el riego se requiere al 100%, ya que la lámina a reponer es una pérdida diaria (6mm) por lo que se debe aplicar todos los días en la medida del caso posible, se puede observar que las válvulas a programar son 6 ya que son las 6 con las que contamos en campo, cada una deberá realizar un arranque por turno, el control seleccionado es un control marca Toro Evolution el cual permite 12 arranques por válvula, por lo que no hay problema con la operación de cada una. A diferencia del diseño 1 como se puede observar este diseño posee 6 válvulas debido a su trazado, otra diferencia es el tiempo de riego para el diseño 1 se obtienen tiempos de riego mayores en comparación con el diseño 2 esto se debe a la pluviometría.

Al igual que el diseño 1 se debe tomar en cuenta el Cuadro 3 que presenta los meses y porcentaje de requerimiento del riego, una vez que los meses donde se requiere el 100% del riego hayan pasado el operario deberá disminuir el riego según lo indicado o los días de irrigación del sistema, a nivel comercial no sucede con frecuencia por disposiciones de la empresa la irrigación se mantiene al 100% en cuanto a programación cuando se tratan de zonas verdes con la implementación del sensor de lluvia también se facilita el control.

5.3.7. Modelación del sistema con el software WaterCAD

5.3.7.1. Velocidades del sistema

Mediante la herramienta WaterCAD, agregando cada uno de los diámetros de tubería a la simulación, caudal del sistema y características de la bomba seleccionada para este diseño se pudo corroborar en simulación real las velocidades del sistema como se observa en la Figura 27.

Para la obtención de velocidades se transportó el modelo original desde el software AutoCAD, manteniendo de esta forma la longitud en tuberías reales, una vez en la plataforma de WaterCAD se agregaron los diámetros, caudal de emisión de cada uno aspersores (nodos), se incorporó una bomba como parte de la simulación a la cual se le agregó una presión de 59,77 mca (85 psi) y caudal de 27,93 m³/h (123 gpm) y demás aspectos requeridos por el software, y se realizó la simulación del lateral más crítico, obteniendo velocidades similares a las obtenidas anteriormente mediante cálculos manuales, como se puede ver en la Figura 27 en laterales se mantienen velocidades de 0,99 m/s y 1,28 m/s y la múltiple y principal se mantiene una velocidad de 1,46 m/s, estableciéndose en el rango de velocidad permisible.

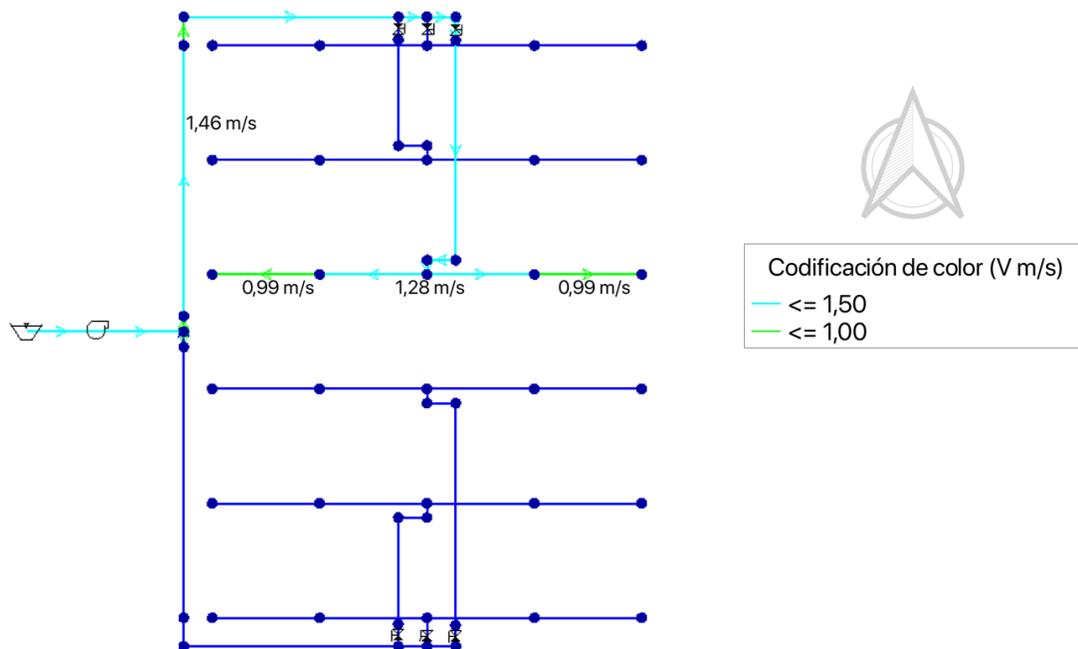


Figura 27. Velocidades obtenidas mediante simulación hidráulica.

5.3.7.2. Presiones del sistema

Mediante la simulación del diseño 2 se obtuvieron las presiones del sistema, de igual forma se realizó la simulación del lateral más crítico obteniendo una presión distal de 48,76 mca (69,34 psi) siendo esta similar al cálculo obtenido manual, la presión a la entrada del lateral obtenida es de 49,74 mca (69,94 psi) de igual manera similar a la obtenida mediante cálculos manuales. La simulación hidráulica por medio del software permite ver el comportamiento del sistema en tiempo real y verifica la estabilidad hidráulica y funcionalidad del sistema de riego.

Además, le permite al cliente tener el modelo y poder realizar pruebas realizando variaciones al mismo, para corroborar funcionalidad en cambios.

Para esta simulación se utilizó el caudal requerido por cada emisor de 5,56 m³/h (24,5 gpm) así como sus diámetros de tubería seleccionados. Los resultados de las presiones obtenidas se observan en la Figura 28.

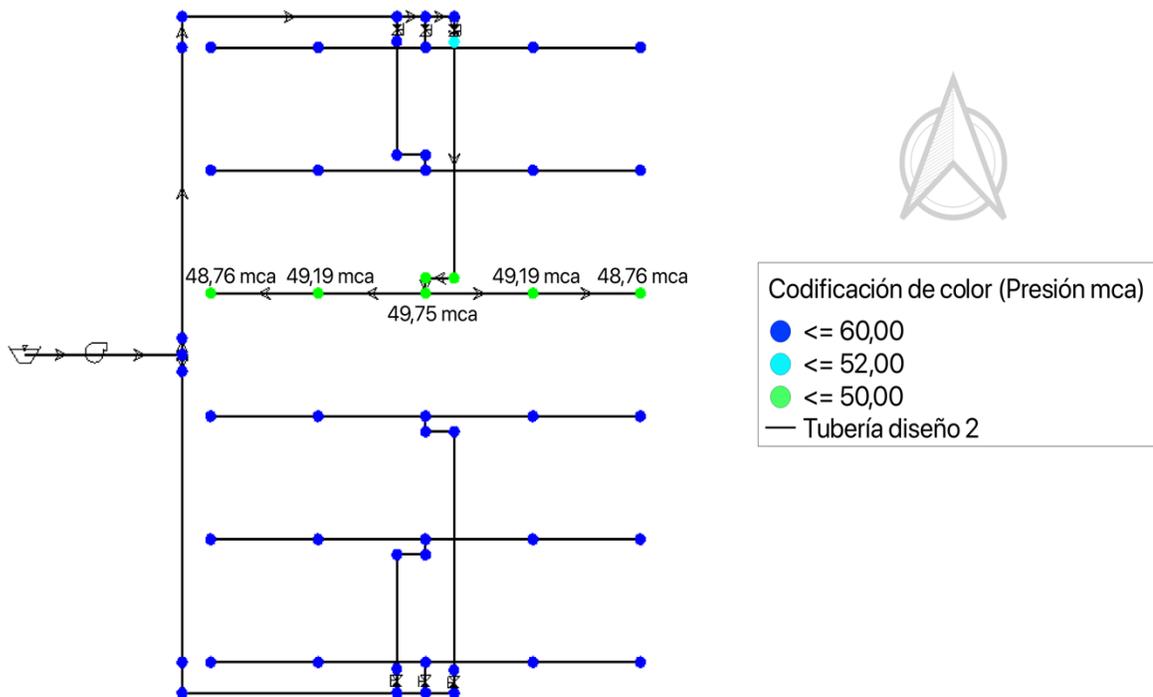


Figura 28. Presiones obtenidas mediante simulación hidráulica.

5.4. Análisis económico

Para el desarrollo del análisis económico se realizó una oferta económica para cada una de las propuestas de diseño 1 y 2, las cuales se observan en las Figuras 29 y 30 respectivamente.

Durman.

FACTURA PROFORMA KM_072-2020/A

FI.CRI.CM.07.01.RI.01.02-04

KMF - 072

Cliente: Juan Carlos Chaverri

Proyecto: Riego por aspersión Estadio Quincho Barquero

Correo:

Ubicación: Paraiso, Cartago

Fecha: 11-may-20

Tel:

Fax:

Sirva la presente para saludarle y ofertarle:

ITEM	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	PRECIO UNIT	PRECIO TOTAL
1	1	SISTEMA DE BOMBEO 5HP, 230V, SUMERGIBLE. SISTEMA DE DIFUSIÓN POR ASPERSIÓN (ASPERSOR RB MODELO 8005) SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN (INCLUYE SENSOR DE LLUVIA Y MÓDULO LNK WIFI) TUBERÍA Y ACCESORIOS PVC CONEXIÓN A TUBERÍA EXISTENTE SERVICIO DE INSTALACIÓN Y PUESTA EN MARCHA		₡ 10,340,123.00
		**** UL ****	Sub-total	₡ 10,340,123.00
			Impuesto	₡ 1,344,215.99
			Total i.v.i	₡ 11,684,338.99

Condiciones:

Tiempo de entrega: A convenir
 Vigencia de la oferta: 30 días
 Lugar de entrega: En su proyecto siempre y cuando sea accesible para contenedor
 Forma de pago: **Cliente de contado:** 100% por adelantado
 Garantía: Un año de garantía contra defecto de fabricación y o instalación si es realizada por Durman o en su defecto, el periodo indicado por los fabricantes

Notas:

Documentos adjuntos: Descripción de la propuesta, fichas técnicas y diseño.
 La acometida eléctrica y de agua debe encontrarse a cero metros de distancia de la caseta de bombeo
 En ningún caso se considera material de sustitución para el relleno de la zanja.
 Se contempla zanjeo de la tubería principal a 30 cm y de tubería secundaria a 25 cm de profundidad.
 No se incluye ningún tipo de obra civil en concreto
 Se indica que el riego se hará con agua de pozo. No se incluye tanque para riego.

Agradecemos la confianza en nuestra empresa para hacer esta propuesta, esperando que satisfaga su necesidad. Quedamos a su disposición para cualquier consulta adicional.

Ing. Lorena Cerdas Calderón
 Jefe Depto. de Riego

Katherine Monge Fernández
 Asistencia Técnica de Riego

Figura 29. Oferta económica diseño 1.

FI.CRI.CM.07.01.RI.01.02-04

KMF - 073

Cliente: Juan Carlos Chaverri

Proyecto: Riego por aspersión Estadio Quincho Barquero

Correo:

Ubicación: Paraíso, Cartago

Fecha: 11-may-20

Tel:

Fax:

Sirva la presente para saludarle y ofertarle:

ITEM	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	PRECIO UNIT	PRECIO TOTAL
1	1	SISTEMA DE BOMBEO 7,5HP, 230V, SUMERGIBLE. SISTEMA DE DIFUSIÓN POR ASPERSIÓN (ASPERSOR TORO MODELO TS90) SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN (INCLUYE SENSOR DE LLUVIA) TUBERÍA Y ACCESORIOS PVC CONEXIÓN A TUBERÍA EXISTENTE SERVICIO DE INSTALACIÓN Y PUESTA EN MARCHA		₡ 11,174,932.50
		**** UL ****	Sub-total	₡ 11,174,932.50
			Impuesto	₡ 1,452,741.23
			Total i.v.i	₡ 12,627,673.73

Condiciones:

Tiempo de entrega: A convenir

Vigencia de la oferta: 30 días

Lugar de entrega: En su proyecto siempre y cuando sea accesible para contenedor

Forma de pago: **Cliente de contado: 100% por adelantado**

Garantía: Un año de garantía contra defecto de fabricación y o instalación si es realizada por Durman o en su defecto, el período indicado por los fabricantes

Notas:

Documentos adjuntos: Descripción de la propuesta, fichas técnicas y diseño.

La acometida eléctrica y de agua debe encontrarse a cero metros de distancia de la caseta de bombeo

En ningún caso se considera material de sustitución para el relleno de la zanja.

Se contempla zanqueo de la tubería principal a 30 cm y de tubería secundaria a 25 cm de profundidad.

No se incluye ningún tipo de obra civil en concreto

Se indica que el riego se hará con agua de pozo. No se incluye tanque para riego.

Agradecemos la confianza en nuestra empresa para hacer esta propuesta, esperando que satisfaga su necesidad. Quedamos a su disposición para cualquier consulta adicional.

Ing. Lorena Cerdas Calderón
Jefe Depto. de Riego

Katherine Monge Fernández
Asistencia Técnica de Riego

Figura 30. Oferta económica diseño 2.

Por disposiciones de la Empresa Durman Esquivel S.A., las ofertas de cada sistema se presentan de forma global, debido a aspectos comerciales que se ven influenciados, para este proyecto se realizaron dos propuestas con algunos materiales y trazos distintos, como se observa en la Figura 29 para el diseño 1 se obtuvo un precio total de ¢11,684,338.99, mientras que, para el diseño 2 como se observa en la Figura 30 se obtuvo un precio total de ¢12,627,673.73, las diferencias radican no solo en el aspersor a utilizar ya que cada uno maneja sus ventajas, una de las diferencias significativas es el equipo de bombeo, para el diseño 1 se hace uso de un equipo de bombeo de 5 HP, mientras que para el diseño 2 se utiliza un equipo de 7 HP, sus diferencias más evidentes se observan dentro de esos aspectos, al igual que la distribución y diámetros de tubería.

Como parte del análisis económico se realizó el cálculo del período de recuperación de la inversión para ambas propuestas tal y como se observa en el Cuadro 37.

Cuadro 37. Período de recuperación Diseño 1 y 2.

Diseño	Inversión	Costo mantenimiento actual anual	Costo mantenimiento nuevo anual	Ingreso primer año	Período de recuperación (años)
1	¢ 11.684.338,99	¢ 2.304.000,00	¢ 576.000,00	¢ 13.412.338,99	0,91
2	¢12.627.673,73	¢ 2.304.000,00	¢ 576.000,00	¢ 14.355.673,73	0,92

Como se muestra en el Cuadro 37 el costo de mantenimiento actual del sistema es de ¢2,304,000,00, dado que actualmente se requieren 3 personas para las labores de mantenimiento del sistema de riego, las cuales laboran las 8 horas al día por un costo de ¢2000 la hora, la implementación del sistema de riego actual es de 3 días por semana y se trabaja un sistema de riego móvil. Mediante el nuevo sistema de riego automático no se requiere del trabajo de estas 3 personas, ya que este requiere un técnico que tenga conocimiento de las funciones del control y fontanería más avanzada, además, no se requieren las 8 horas que actualmente se trabaja debido a que en 3 horas máximo se examina el sistema de riego completo, el costo de un técnico con las características requeridas es de ¢4000 la hora, por lo que el ingreso dado por el nuevo sistema de riego es la diferencia de costo de mantenimiento actual y el costo de mantenimiento

nuevo, se debe tomar en cuenta que el proyecto será financiado por la Municipalidad de Paraíso, que es la entidad encargada de brindar ayuda económica a cada Comité Cantonal de Deportes, por lo que la recuperación del diseño 1 es de 0,91 años con un ingreso el primer año de ¢13,412,338.9, mientras que el diseño 2 obtuvo un período de recuperación de 0,92 años con un ingreso el primer año de ¢14.355.673,73, como se observa la diferencia del período de recuperación entre ambas propuestas es prácticamente nulo ya que en 11 meses se recuperan ambos proyectos, la diferencia son semanas o incluso días.

El costo de adquirir un sistema de riego nuevo automático genera viabilidad y ahorro económico al Comité Cantonal de Deportes de Paraíso, además se cuenta con un sistema de riego eficiente que permite controlar el sistema y que aplica la lámina requerida por el campo deportivo, el cual en condiciones óptimas disminuye las lesiones en los jugadores, aportando mayor flexibilidad al terreno y convierte el estadio apto para prácticas de primera y segunda división en fútbol, lo que implica un ingreso económico significativo, es decir, con la creación de una gramilla de primer nivel, se tendrá un crecimiento en las actividades del estadio, lo que atraerá una mayor cantidad de personas (jugadores y espectadores) y con este una contribución al desarrollo económico local.

5.5. Análisis ambiental

El recorrido de los avances industriales en los últimos años ha generado una afectación significativa al medio ambiente, teniendo un efecto perjudicial de gran importancia, por ello para la ejecución de un proyecto de riego se deben analizar los recursos naturales que se ven afectados con la implementación del mismo, de este modo se puede identificar, evaluar, describir y prevenir impactos ambientales en el medio. Según el Reglamento General sobre los procedimientos de Evaluación de Impacto Ambiental este proyecto se clasifica en la parte de construcción, construcción y edificaciones, por estas razones se utilizó el formulario D1 de Setena, clasificando y estableciendo el procedimiento a seguir. Para este proyecto en el caso del diseño 1 se obtuvo un resultado de 197 puntos y 232 puntos para el diseño 2 según el formulario D1 de Setena (Ver anexos 13 y 14) lo que significa que se encuentra en categoría B2, que implica

únicamente declaración jurada de compromisos ambientales para la ejecución del proyecto, la diferencia de puntaje entre ambos diseños radica en el consumo hídrico y equipo de bombeo requerido por cada diseño.

La naturaleza de este proyecto no genera mayor impacto ambiental, y no se pretende realizar la explotación de los recursos naturales a gran escala, una de las variables más afectadas es el consumo hídrico, si bien es cierto este proyecto requiere de un volumen de agua considerable tanto para el diseño 1 y 2, la diferencia de consumo hídrico diario por aspersor entre ambos diseños es de 0,02 m³ de agua, sin embargo, este se controla para que no exista desperdicio del recurso, se incorporó un sensor de lluvia el cual permite que el sistema detecte la precipitación y detenga la operación del sistema de riego generando un ahorro significativo del agua, el sistema de riego eficiente controla el mal aprovechamiento del agua aplicando lo requerido por campo.

Otra de las variables afectadas es el consumo de energía eléctrica, en el caso del diseño 1 se requiere un equipo de bombeo de 5HP, mientras que el diseño 2 requiere un equipo de 7 HP, de igual manera implementando un equipo de bombeo eficiente con un panel de control y tanque hidroneumático se controla el tiempo de encendido y apagado y óptimo funcionamiento del equipo requiriendo exclusivamente lo necesario para la operación del sistema de riego.

La condición actual del sistema de riego del Estadio Quincho Barquero no controla el consumo del recurso hídrico y energía eléctrica requerida, por lo que la implementación de un nuevo sistema de riego genera un manejo adecuado de los recursos naturales afectados.

5.6. Análisis social

Para el desarrollo del análisis social se tomó en consideración los dos principales aspectos involucrados; la recreación de la población y la escasez del recurso hídrico del Cantón de Paraíso.

El Estadio Quincho Barquero alberga los encuentros del equipo de la localidad en la tercera división de nuestro país, además, sirve de punto de encuentro para espacios recreativos y familiares, sin embargo, estos espacios son limitados debido a que el estadio debe estar en óptimas condiciones para los encuentros del equipo mayor (gramilla y alrededores). Desde el punto de vista social, tanto la participación de equipos mayores como las actividades recreacionales dan oportunidad a los jóvenes y niños de crecer en ambientes sanos y lejos de espacios donde son más propensos al consumo de drogas o convivir con violencia. Un sistema de riego eficiente permite la recreación con mayor frecuencia y se tendrá también la posibilidad de trabajar con ligas menores de fútbol, desde niños hasta jóvenes, en ambientes de disciplina, de inclusión e igualdad y de oportunidades de crecimiento integral. Con la ejecución de este proyecto se tendrá el primer paso, con una gramilla a la altura para estos tipos de actividades y potenciales proyectos.

La escasez del recurso hídrico de zona es uno de los aspectos que más afectan al Cantón de Paraíso, y se ve afectado directamente por el crecimiento poblacional y el efecto de la variación del clima, sumado a esto las malas prácticas de la población, lo que genera que el panorama sea desalentador. El cambio climático afecta la operación de la infraestructura ya existente para el aprovechamiento del recurso hídrico, por estas razones la implementación de un sistema de riego automático y eficiente permite solucionar los problemas de desperdicio del recurso aplicando lo necesario al campo deportivo, además, con la integración del sensor de lluvia se evita operación del sistema de riego en momentos que no son requeridos. Para este proyecto ambas propuestas de diseño proveen la estabilidad social en cuanto a actividades recreacionales y control del recurso hídrico, por lo que a nivel social representa un avance considerable para la población.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Al implementar el diseño 1 o 2 de este proyecto, se mejora la calidad de gramilla del campo deportivo del Estadio Quincho Barquero, mediante la implementación de aspectos tecnológicos como lo son la automatización del sistema, el cliente final podrá aplicar la lámina requerida en el sitio sin tener que desplazarse al terreno de acción, asegurándose que lo aplicado es lo necesario para la producción y mantenimiento óptimo del césped, de esta manera mejorando la calidad del campo deportivo.
- Al generarse los modelos de ambos diseños mediante simulación hidráulica no solo permitió verificar los valores de diseño; los cuales son los óptimos, sino que permite realizar variaciones al sistema y analizar su comportamiento, además, generó un valor agregado a las propuestas.
- Mediante el análisis de las propuestas se determinó su viabilidad económica, ambiental y social, para este proyecto ambas propuestas de diseño presentan rentabilidad económica para la empresa Durman Esquivel S.A., y son viables para el cliente final ya que ambas propuestas poseen un período de recuperación de la inversión menor a 1 año, se presentaron las ofertas económicas para ambos diseños la oferta presentada por el diseño 1 es de ₡11,684,338.99 mientras que la oferta presentada por el diseño 2 es de ₡12,627,673.73, por lo que el diseño 1 posee mayor viabilidad económica para el cliente además de incluir más aspectos que generan valor agregado al diseño, como lo es módulo lnk de wifi, ambientalmente ambas propuestas requieren únicamente de una declaración jurada por compromisos ambientales dado a la naturaleza del proyecto y que no representa mayor afectación ambiental, la implementación de un sistema de riego eficiente permite el control óptimo del consumo hídrico y eléctrico, socialmente representa un avance para el Cantón dado a la implicación que tiene en el aumento de actividades recreacionales y aprovechamiento adecuado del recurso hídrico que afecta a la zona.

Recomendaciones

- Es recomendable tomar en cuenta los meses de riego para la implementación del riego, ya que esto genera un ahorro sustancial del agua.
- Tanto la acometida eléctrica como fuente de agua deberá estar a cero metros de la distancia del bombeo.
- Se recomienda que el técnico requerido para verificación de la operación adecuada del sistema de riego tenga las habilidades y conocimientos necesarios eléctricos y de fontanería más avanzada.

7. BIBLIOGRAFÍA

Alejos, C. (2018). *Distribución de uniformidad del agua de riego para diferentes condiciones de viento y aspersores en las áreas verdes-UNALM*. Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina. Recuperado de: <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/3886>

Arango, B. (2015). *Importancia del fútbol*. Recuperado de: <https://es.calameo.com/books/0044175011c12ea5fe272>

ARPASA. (2020). *¿Cómo funciona el drenaje del césped en un campo deportivo?*. Recuperado de: <https://arpasa.es/es/futbol/drenaje-cesped-campo-futbol/>

Castañón, G. (2004). *Automatización del riego*. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid. Recuperado de: https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf_Agri/Agri_2004_860_202_205.pdf

Climate Data. (2012). *Cartago Clima*. Recuperado de: <https://es.climate-data.org/americadelnorte/costa-rica/cartago/cartago-3468/#climate-table>

Dávila, M. (2017). *Modelación de Red de Agua Potable de una Vivienda de tres Plantas Aplicando el Software Epaned*. Machala: UTMACH. Recuperado de: <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/11063>

Faci, J. (2011). *La programación del riego por aspersión*. Zaragoza: Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón. Recuperado de: https://citarea.cita-aragon.es/citarea/bitstream/10532/1600/3/2011_330.pdf

Federación Internacional de Fútbol (FIFA). (2011). *Estadios de fútbol: Recomendaciones técnicas y requisitos*. Zúrich. Recuperado de: https://resources.fifa.com/mm/document/tournament/competition/01/37/17/76/s_sb2010_stadiumbook_ganz.pdf

Franklin Electric. (2020). *Selección de equipos de bombeo*. Recuperado de: <https://franklinagua.com>

Gavilánez, F. (2019). *Incidencia de la presión sobre el coeficiente de rugosidad C de Hazen-Williams*. México: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Recuperado de: <http://www.revistatyca.org.mx/ojs/index.php/tyca/article/view/2223/1639>

Hydro Environment. (2020). *¿Qué es el riego por microaspersión?* Recuperado de: https://www.hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main_page=page&id=220

Jimten. (2020). *Catálogo técnico: Sistemas de filtrado*. Jimten. (En físico)

Mena, I. (2020). *Riego para campos deportivos profesionales*. (En físico)

Morales, A. (2018). *Diseño de un sistema de riego por aspersión para áreas verdes urbanas - parque zonal Huiracocha San Juan de Lurigancho-Lima*. Lima: Universidad Agraria la Molina. Recuperado de: <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/3284>

Mott, R. (2006). *Mecánica de Fluidos. 6ta Edición*. Juárez: Pearson Educación México. (En físico)

Municipalidad de Pérez Zeledón. (2019). *Sistema de riego*. (En físico)

Novagric. (2020). *Sistemas de riego por aspersión*. Recuperado de: <https://www.novagric.com/es/riego/sistemas-de-riego>

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). (2020). *Evapotranspiración del cultivo*. Recuperado de: <http://www.fao.org/3/a-x0490s.pdf>

Paige Irrigation. (2017). *Catálogo y guía de cableado*. (En físico)

Peñapareja, D., Merino, D., & Ansorena, J. (2017). *Césped Deportivo Manual Práctico del Cuidador*. Madrid: Ediciones Nobel S.A. Recuperado de:

<https://www.mundiprensa.com/catalogo/9788484766964/cesped-deportivo--manual-practico-del-cuidador>

Plantae. (2019). *El césped en los campos de fútbol de la Liga Española*. Recuperado de:

<https://plantae.golf/el-cesped-en-los-campos-de-futbol-de-la-liga-espanola/>

Rain Bird. (2020). *Ficha técnica aspersor 8005*. (En físico)

Pizarro, R., Flores, J., Sangüesa, C., & Martínez, E. (2005). *Módulo 3: Curvas de Infiltración*. Sociedad Estándares de Ingeniería para Aguas y Suelos LTDA. Recuperado de:

https://www.uach.cl/externos/epicforce/pdf/guias%20y%20manuales/eias/manuales/c_modulo_curva_infiltracion.pdf

Rodríguez, E. (2018). *Instalación y evaluación de sistemas de riego por goteo para el cultivo de hortalizas en casa sombra para la región Chorotega y Brunca bajo el marco del proyecto “Mesoamérica sin hambre” de la representación de FAO en Costa Rica*. Tecnológico de Costa Rica. Recuperado de:

https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/9968/instalacion_evaluacion_sistemas_riego_goteo_para_cultivo_hortalizas_casa_sombra_para_region_chorotega_brunca_bajo_marco_proyecto_mesoamerica_hambre_representacion_fao_costa_rica.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Soccerway. (2020). *Paraíso Total Soccerway*. Recuperado de:

<https://el.soccerway.com/teams/costa-rica/paraiso-total/13585/venue/>

Sports Turf Managers Association (STMA). (2012). *Guía de la STMA para la mantención de campos de fútbol internacional*. Recuperado de: https://www.stma.org/wp-content/uploads/2017/11/International_Soccer_Bulletin_Spanish_FINAL.pdf

The Toro Company. (2020). *Ficha técnica válvulas serie P220*. (En físico)

Villalobos. (2018). *Apuntes de riego a presión*. Cartago. (En físico)

Weather Spark. (2020). *Clima promedio en Cartago*. Recuperado de:

<https://es.weatherspark.com/y/16154/Clima-promedio-en-Cartago-Costa-Rica-durante-todo-el-año>

ANEXOS

Anexo 1. Caudal según diámetro de tubería PVC

CAUDAL A VELOCIDAD MAXIMA

1/2"	=	5	gpm
3/4"	=	9	gpm
1"	=	14	gpm
1 1/4"	=	23	
1 1/2"	=	32	gpm
2"	=	50	gpm
2 1/2"	=	76	pgm
3"	=	110	gpm
4"	=	200	gpm
6"	=	450	gpm
8"	=	450	gpm → 700 gpm
10"	=	1200	gpm
12"	=	1800	gpm
14"	=	2400	gpm
16"	=	3100	gpm
18"	=	4200	gpm
20"	=	4900	gpm
24"	=	7000	gpm

Anexo 2. Ficha técnica aspersor 8005 Rain Bird

8005 Series Rotors

Bigger, Better, Built to Last

The Rain Bird® 8005 Rotor is built rugged to withstand the harsh conditions and vandalism present in commercial rotor applications. It has been designed and tested to ensure the high reliability demanded by the market today. Its extensive customer identified features and 80 foot radius make it ideal for sportsfields, parks and other large turf applications.

Features

- Five year trade warranty.
- Memory Arc® returns the rotor to its original arc setting.
- Non-strippable drive mechanism prevents damage from vandals.
- Brass reinforcing shaft of the nozzle turret to riser withstands vandal kick.
- Optional stainless steel riser model helps deter vandalism on public turf areas.
- Full and part circle operation in one unit to reduce inventory requirements.
- Easy, wet, dry arc adjustment with slotted screwdriver through top of rotor from 50° to 330° part-circle, 360° non-reversing full-circle.
- Left and right side trips adjustable for ease of installation without turning the case and loosening the pipe connection.
- Seal-A-Matic™ (SAM) check device/riser to help prevent low head drainage.
- Water-lubricated gear drive.
- Rain Curtain™ nozzles for optimal distribution and close-in watering resulting in superior uniformity.
- Nozzles are interchangeable from the front with no special tools.
- Self-adjusting turbine stator allows nozzle replacement with no other adjustments required.
- Heavy duty retract spring ensures positive pop-down.
- Standard rubber cap. (Green)
- Optional Purple rubber cover for non-potable applications

Operating Range

- Radius: 57 to 81 feet (17,4 to 24,7 m)
- Pressure: 50 to 100 psi (3,5 to 6,9 bar)
- Flow: 11.1 to 36.3 gpm (2,54 to 8,24 m³/h; 0,70 to 2,29 l/s)

Specifications

- 1" (26/34) NPT or BSP female threaded inlet
- SAM check device holds up to 10 feet (3,1 m) of head
- Rain Curtain nozzles: 12 - beige; 14 - light green; 16 - dark brown; 18 - dark blue; 20 - red; 22 - yellow; 24 - orange; 26 - white
- Nozzle outlet trajectory is 25°

Dimensions

- Exposed diameter: 1 7/8" (4,8 cm)
- Overall diameter: 3 1/8" (7,9 cm)
- Overall height: 10 1/8" (25,7 cm)
- Pop-up height: 5" (12,7 cm)

Note: Pop-up height is measured from cover to center of primary nozzle port. Overall body height is measured popped down.

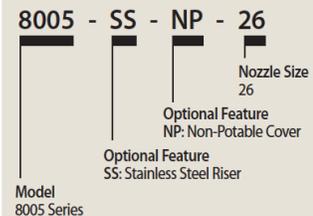
Models

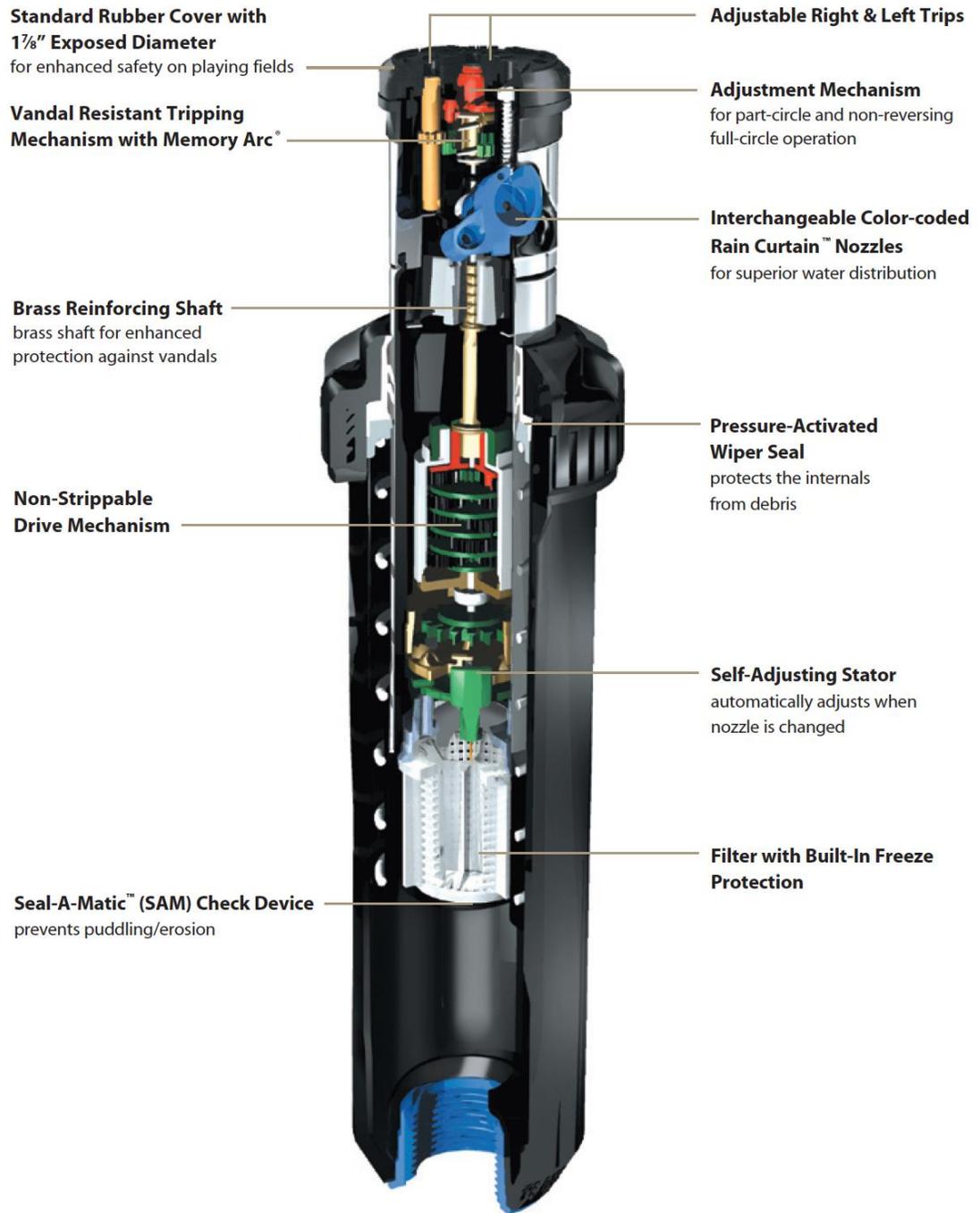
- 8005: 1" NPT female threaded inlet (plastic riser stem).
- 8005-SS: 1" NPT female threaded inlet (stainless steel covered riser stem).
- Optional rubber collar (black)
- Optional non-potable rubber collar (purple)

**All models available with BSP threads*



How To Specify





8005 Nozzle Performance							
Pressure psi	Nozzle	Radius ft.	Flow gpm	■ Precip in/h	▲ Precip in/h		
50	● 04	39	3.8	0.48	0.56		
	● 06	45	5.6	0.53	0.62		
	● 08	49	6.6	0.53	0.61		
	● 10	53	9.3	0.64	0.74		
	● 12	57	11.1	0.66	0.76		
	● 14	59	12.6	0.70	0.81		
	● 16	61	14.3	0.74	0.85		
	● 18	63	16.1	0.78	0.90		
	● 20	65	18.6	0.85	0.98		
	● 22	65	20.7	0.94	1.09		
60	● 04	39	3.8	0.48	0.56		
	● 06	45	6.1	0.58	0.67		
	● 08	49	8.4	0.67	0.78		
	● 10	53	10.1	0.69	0.80		
	● 12	59	12.0	0.66	0.77		
	● 14	61	14.3	0.74	0.85		
	● 16	65	15.9	0.72	0.84		
	● 18	65	17.8	0.81	0.94		
	● 20	67	20.1	0.86	1.00		
	● 22	71	23.2	0.89	1.02		
70	● 04	39	4.7	0.60	0.69		
	● 06	45	6.7	0.64	0.74		
	● 08	49	9.0	0.72	0.83		
	● 10	55	11.1	0.71	0.82		
	● 12	59	13.2	0.73	0.84		
	● 14	63	15.3	0.74	0.86		
	● 16	67	17.2	0.74	0.85		
	● 18	67	19.3	0.83	0.96		
	● 20	71	22.0	0.84	0.97		
	● 22	73	25.2	0.91	1.05		
80	● 04	39	5.0	0.63	0.73		
	● 06	45	7.1	0.68	0.78		
	● 08	49	9.8	0.79	0.91		
	● 10	55	11.8	0.75	0.87		
	● 12	61	14.2	0.73	0.85		
	● 14	63	16.4	0.80	0.92		
	● 16	67	18.6	0.80	0.92		
	● 18	69	20.9	0.85	0.98		
	● 20	71	23.9	0.91	1.05		
	● 22	75	27.3	0.93	1.08		
90	● 12	61	14.7	0.76	0.88		
	● 14	65	17.9	0.82	0.94		
	● 16	69	20.0	0.81	0.93		
	● 18	71	22.2	0.85	0.98		
	● 20	73	25.3	0.91	1.06		
	● 22	75	29.1	1.00	1.15		
	● 24	79	31.0	0.96	1.10		
	○ 26	79	33.7	1.04	1.20		
	100	● 20	75	26.8	0.85	0.97	
		● 22	77	30.7	1.00	1.15	
● 24		79	32.8	1.01	1.17		
○ 26		81	36.3	1.07	1.23		

Precipitation rates based on half-circle operation

■ Square spacing based on 50% diameter of throw

▲ Triangular spacing based on 50% diameter of throw

Performance data collected in zero wind conditions

Performance data derived from tests that conform with ASAE Standards; ASAE S398.1.

8005 Nozzle Performance							METRIC	
Pressure bar	Nozzle	Radius m	Flow m ³ /h	Flow l/m	■ Precip mm/h	▲ Precip mm/h		
3.5	● 4	11.9	0.86	14.38	12	14		
	● 6	13.7	1.28	21.34	14	16		
	● 8	14.9	1.59	25.50	14	16		
	● 10	16.1	2.10	35.43	16	19		
	● 12	17.5	2.52	42.27	16	19		
	● 14	18.0	2.89	48.18	18	21		
	● 16	18.7	3.28	54.59	19	22		
	● 18	19.2	3.69	61.43	20	23		
	● 20	19.9	4.25	70.83	21	25		
	● 22	20.0	5.08	79.07	25	29		
4.0	● 4	11.9	0.93	14.38	13	15		
	● 6	13.7	1.37	22.71	15	17		
	● 8	14.9	1.75	30.44	16	18		
	● 10	16.3	2.30	37.63	17	20		
	● 12	17.7	2.70	44.74	17	20		
	● 14	18.5	3.17	52.85	19	21		
	● 16	19.6	3.54	58.98	18	21		
	● 18	19.7	3.97	66.10	20	24		
	● 20	20.3	4.50	74.95	22	25		
	● 22	21.3	5.23	85.94	23	27		
4.5	● 4	11.9	1.00	16.18	14	16		
	● 6	13.7	1.45	24.28	15	18		
	● 8	14.9	1.92	32.99	17	20		
	● 10	16.5	2.40	40.22	18	20		
	● 12	18.0	2.87	47.81	18	20		
	● 14	18.9	3.37	56.12	19	22		
	● 16	20.1	3.77	62.77	19	22		
	● 18	20.1	4.22	70.36	21	24		
	● 20	21.1	4.79	79.87	22	25		
	● 22	22.0	5.51	91.80	23	26		
5.0	● 4	11.9	1.06	18.08	15	17		
	● 6	13.7	1.54	25.74	16	19		
	● 8	14.9	2.09	34.83	19	22		
	● 10	16.7	2.50	42.68	18	21		
	● 12	18.3	3.05	50.92	18	21		
	● 14	19.2	3.54	58.96	19	22		
	● 16	20.4	3.99	66.44	19	22		
	● 18	20.6	4.47	74.58	21	24		
	● 20	21.6	5.11	85.08	22	25		
	● 22	22.4	5.84	97.39	23	27		
5.5	● 4	11.9	1.13	18.90	16	18		
	● 6	13.7	1.62	26.84	17	20		
	● 8	14.9	2.25	37.02	20	23		
	● 10	16.8	2.70	44.60	19	22		
	● 12	18.5	3.23	53.66	19	22		
	● 14	19.2	3.72	61.98	20	23		
	● 16	20.4	4.22	70.28	20	23		
	● 18	21.0	4.74	78.97	21	25		
	● 20	21.6	5.42	90.30	23	27		
	● 22	22.8	6.19	103.15	24	28		
6.0	● 4	11.9	1.21	19.85	16	18		
	● 6	13.7	1.74	28.45	17	20		
	● 8	14.9	2.40	39.45	20	23		
	● 10	16.8	2.90	47.45	19	22		
	● 12	18.6	3.40	56.45	19	22		
	● 14	19.6	3.90	65.45	20	23		
	● 16	20.9	4.45	74.12	20	24		
	● 18	21.5	4.95	82.56	21	25		
	● 20	22.1	5.65	94.18	23	27		
	● 22	22.9	6.71	108.12	26	30		
6.2	● 14	19.8	4.06	67.75	21	24		
	● 16	21.0	4.54	75.70	21	24		
	● 18	21.7	5.04	84.02	21	25		
	6.5	● 20	22.5	5.89	98.19	23	27	
		● 22	23.4	6.84	112.73	25	29	
		● 24	24.1	7.22	120.25	25	29	
		○ 26	24.3	7.91	131.76	27	31	
	6.9	● 20	22.9	6.09	101.43	23	27	
		● 22	23.5	6.97	116.19	25	29	
		● 24	24.1	7.45	124.14	26	30	
○ 26		24.7	8.24	137.39	27	31		

Anexo 3. Ficha técnica aspersor TS90 Toro



TS90 Series

Rotors



For big open spaces, the Toro™ TS90 provides unparalleled features and performance into a fully adjustable rotor. Designed for large turf areas, its radius of 53' to 95' is ideal for parks, sports fields, synthetic turf athletic fields and horse arenas. In addition, Toro patented Trjectory™ allows for the fine tuning of nozzle spray height from 7-30° to ensure wind resistance and head-to head spacing. The TS90 is also available in a TurfCup version for seamless on-field installation.

Features & Benefits

Trjectory Adjustment from 7° to 30°

Fine tunes nozzle spray height, helps provide true head-to-head coverage, and compensates for windy conditions.

Part- And Full-Circle In One Sprinkler

No need to inventory multiple models or service parts

Back Nozzle Capable

Perfect for perimeter of sports fields. Provides the flexibility for fine-tuning any watering requirement.

Ratcheting Riser

Allows you to adjust the riser position in the body with no disassembly. Simply pull up the riser and ratchet it to the precise position you want to water.

Three Nozzle Configuration

Provides better distribution uniformity, nozzle flexibility and system efficiency.

Constant-Velocity Drive

Provides reliable rotation speed – from sprinkler to sprinkler.

TurfCup™ for Sports Fields

The optional TurfCup seamlessly integrates into either natural grass or artificial turf sports fields, enhancing player safety, surface playability and field aesthetics.



Effluent
Options
Available

Specifications

Dimensions

- Body Height: 10" (254mm)
- Overall Height: 12.5" (317mm)
- Retracted Height: 8.5" (216mm)
- Pop-Up Height: 4" (100mm)
- Exposed Cap Diameter: 2.2" (56mm)

Operating Specifications

- Radius: 53'-95' (16,2-29,0m) at 25° trajectory
- Flow Rate: 14.0-61.5 GPM (53-233 LPM)
- Precipitation Rate: .56-.60"/hr (14,2-15,2mm/hr)
- Arc: Full- & Part-circle in one
 - Full-circle: 360° unidirectional clockwise rotation
 - Part-circle: 40°-330°
- Rotation Speed: 3 minutes ± 30 seconds
- Inlet: 1" (25mm) female-threaded (NPT or BSP)
- Operating pressure range: 40-100 psi (2,8-7,0 Bar)

Additional Features

- Full set of color-coded nozzles that thread directly into the front.
- Rubber cover and below grade installation
- Check Valve standard – maintains up to 10' (3m) elevation
- TurfCup version for seamless sports field installation.
- Nozzle options: 9 main, 3 intermediate, 1 inner, 1 molded-in inner (no molded-in inner on TurfCup version)

Options Available

- Effluent Indicator available: part number 118-0063
- Main Nozzle Tool: 5/8" (16mm) hex socket or Toro Part 995-99
- Intermediate and Trajectory tool: 5/16" (8mm) hex socket or Toro Part 995-105

Warranty

5 years

TS90TP Nozzle Performance Data—US

Nozzle Set			50 PSI		60 PSI		70 PSI		80 PSI		90 PSI		100 PSI	
Number	Main/Intermediate	Stator	Radius (Ft.)	Flow (GPM)										
1	Yellow/Blue	102-1939 Yellow	53	14.0	54	15.2	55	16.4	55	17.4	54	18.5	56	19.4
2	Blue/Red		55	18.8	59	20.5	61	22.1	59	23.6	59	25.0	62	26.3
3	Brown/Orange		-	-	57	22.7	60	24.5	61	26.1	63	27.6	68	29.1
4	Orange/Orange		-	-	-	-	74	32.7	80	35.1	81	37.0	82	38.9
5	Green/Blue	102-1940 White	-	-	-	-	-	-	79	37.7	82	39.9	84	41.8
6	Gray/Blue		-	-	-	-	-	-	82	39.6	86	41.9	87	44.1
7	Black/Orange		-	-	-	-	-	-	80	43.6	87	46.2	84	48.6
8	Red/Blue	102-1941 White	-	-	-	-	-	-	86	48.5	88	51.4	88	54.1
9	Beige/Blue		-	-	-	-	-	-	85	55.1	91	58.3	95	61.6

TS90 Series Model List	
Model	Description
• TS90TP-02-14	#3 nozzle pre-installed (comes with #1, #2 and #4 nozzles)
• TS90TP-02-58	#6 nozzle pre-installed (comes with #2, #5 and #8 nozzles)
• TS90TP-02TC	TS90TP with TurfCup, #8 nozzle installed (comes with #5, #6 and #7 nozzles)



Kiev Olympic Stadium, Kiev, Ukraine
The site of UEFA Euro 2012 European soccer championship, shown here prepping the field prior to play, is using the TS90 with TurfCup™.

Specifying Information—TS90TP

TS90TP-02 XX-X-E				
Arc	Threads	TurfCup™	Nozzle	Optional
TS90TP	02	XX	X	E
TS90TP—TS90TP 1" (25mm) Rotor with Trajectory	02—NPT	TC—TurfCup option	1 2 3 4 5	E—Effluent Model
Example: A TS90 Series sprinkler with Trajectory, NPT threads, and with an 82' (25m) radius would be specified as: TS90TP-02-6				

Anexo 4. Ficha técnica válvula P220 Toro



Count on it.



P-220 Series

Valves

For proven reliability in the field, the Toro® P-220 Series valves deliver. Constructed of heavy-duty, glass-filled nylon material, these valves are ready to consistently withstand pressures up to 220 PSI.



Features & Benefits

- Durable Glass-Filled Nylon**
Ensures the P-220 can operate at pressures up to 220 psi.
- Precise Pressure Control Option**
Compact EZReg® dial-design technology (factory or field installed - no need to remove solenoid).
- Internal And External Manual Bleed**
Keeps valve box dry and easy to use.
- Schrader Valve Pre-Installed**
Simple verification of downstream pressure.
- Optional Spike-Guard™ Solenoid**
Reduces wire size requirements, allows twice as many valves to run simultaneously on a transformer, and lowers power costs with a lightning rating exceeding 20,000 volts.
- Filter Screen On 2" & 3" Models**
Allows for upstream filtration of water to ensure no clogging occurs inside the valve.

Water Management Highlight





Pressure Regulator

The EZReg® module can regulate with flows of only 5 GPM with a 1" valve and it only requires 10 psi differential to operate. The pressure regulator can be easily and quickly installed—even under pressure, with no danger of water geysers.



Effluent Options Available



Pressure Regulation



DC Latching Solenoid Option



P-220 Series

Specifications

Dimensions

- 1": 6 3/4" H x 3 5/8" W
- 1 1/2": 7 1/4" H x 3 5/8" W
- 2": 9 1/2" H x 6 1/8" W
- 3": 10 3/4" H x 6 1/8" W

Operating Specifications

- Flow Range:
 - 1": 5 to 40 GPM
 - 1 1/2": 30 to 100 GPM
 - 2": 80 to 180 GPM
 - 3": 150 to 300 GPM
- Operating Pressure
 - 1" & 1 1/2" Models: 10 to 220 psi
 - 2" & 3" Models: 20 to 220 psi
- Pressure regulating:
 - Outlet (EZR-30): 5 to 30 psi ± 3
 - Outlet (EZR-100): 5 to 100 psi ± 3
- Minimum pressure differential (between inlet and outlet) for pressure regulation: 10 psi
- Body styles:
 - Globe/Angle – 1", 1 1/2", 2" & 3" female threads
- 118-5982 Solenoid: 24 VAC (50/60 Hz) Standard
 - Inrush: 60 Hz: 0.4 amps
 - Holding: 60 Hz: 0.2 amps

Additional features

- Tough glass-filled nylon and stainless steel construction
- Internal and External bleed
- Pressure regulates in electric or pressure-regulating models
- No external tubing for either pressure-regulating model
- Standard, built-in Schrader-type valve for downstream pressure verification

Additional features (continued)

- Flow control independent of solenoid
- Self-aligning bonnet to ensure correct installation
- Self-cleaning, stainless steel metering rod
- Low-flow capability down to 5 GPM with EZReg®
- Low-power requirement for longer wire runs

Options Available

- EZR-30 - EZReg®, 5–30 psi Regulator Module
- EZR-100 - EZReg®, 5–100 psi Regulator Module
- EFF-KIT-60Hz - Effluent Water (Lavender) Solenoid Assembly (24 VAC, 60 Hz) and Warning Tag
- 118-5982 Solenoid: 24 VAC (50/60 Hz) Standard
- DCLS-P - Potted DC Latching Solenoid Assembly
- SGS-12 - Spike Guard™ Solenoid: 24 VAC (50/60 Hz)

Warranty

- Five years

P-220 Series Model List

Model	Description	With Pre-Installed Latching Solenoids
• P220-26-04	1" In-line, Angle	• P220-26-94
• P220-26-06	1 1/2" In-line, Angle	• P220-26-96
• P220-26-08	2" In-line, Angle	• P220-26-98
• P220-26-00	3" In-line, Angle	• P220-26-90
Pressure-Regulated With EZ Reg®		With Pre-Installed Latching Solenoids
Model	Description	
• P220-27-04	1" In-line, Angle	• P220-27-94
• P220-27-06	1 1/2" In-line, Angle	• P220-27-96
• P220-27-08	2" In-line, Angle	• P220-27-98
• P220-27-00	3" In-line, Angle	• P220-27-90

P-220 Series Friction Loss Data

Size	Config.	GPM Flow																											
		5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	180	200	225	250	275	300						
1"	Globe	4.00	4.20	3.20	4.10	7.20																							
	Angle	4.00	4.20	3.10	2.70	4.80																							
1 1/2"	Globe				1.60	2.30	3.60	5.20	7.00	9.20	11.20	13.60	16.40																
	Angle				1.30	1.60	2.80	4.00	5.50	7.10	8.90	10.90	13.50																
2"	Globe									2.10	2.70	3.30	4.00	4.80	5.60	6.50	7.50	8.70											
	Angle									1.20	1.60	2.00	2.40	2.80	3.30	3.90	4.40	5.20											
3"	Globe																2.50	3.00	4.10	5.30	6.70	8.30	10.10						
	Angle																1.90	2.40	3.30	4.30	5.50	6.90	8.50						

Note: For optimum performance when designing a system, be sure to calculate total friction loss to ensure sufficient downstream pressure. For optimum regulation performance, size regulating valves toward the higher flow ranges. Flow rates are recommended not to exceed 5 psi loss.

Specifying Information—P220

P220-2X-X-X			
Model	Activation Type	Solenoid	Size
P220	2X	X	X
P220—P-220 Series Plastic Valve	26—NPT, Electric 27—NPT, Pressure-regulated EZR-100 (Standard)	0—Standard Solenoid 9—DC Latching Solenoid	4—1" (25mm) 6—1 1/2" (40mm) 8—2" (50mm) 0—3" (80mm)
Example: A 1" (25mm) P-220 Series plastic electric, pressure-regulating valve would be specified as: P220-27-04			



www.toro.com

The Toro Company • Irrigation Division • 5825 Jasmine St. Riverside, CA • 92504 • 877-345-8676

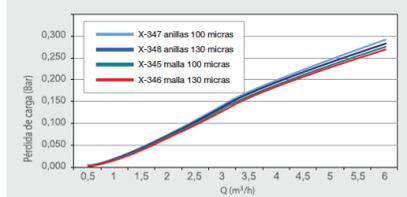
Specifications subject to change without notice. For more information, contact your local Toro distributor. ©2014 The Toro Company. All rights reserved. P/N 14-1125-IRC

Anexo 5. Ficha técnica filtro anillas Jimten

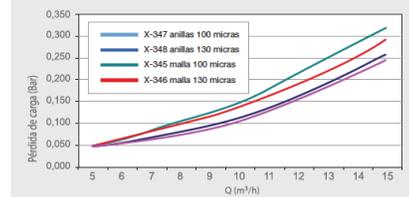
Gráficas pérdida de carga

Filtros 3/4", 1", 1 1/4" y 1 1/2"

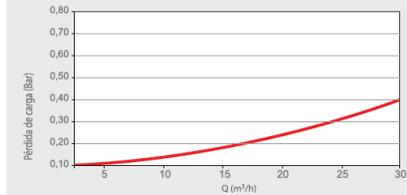
Pérdida de carga filtros 3/4" - 1"



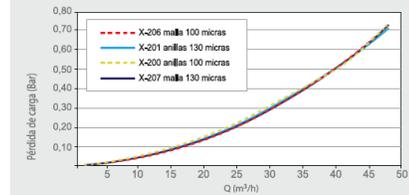
Pérdida de carga filtros 1 1/4" - 1 1/2"



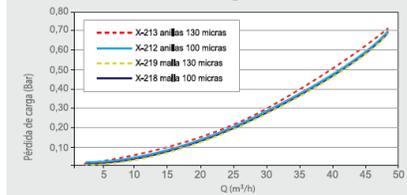
Filtros manuales 2" standard



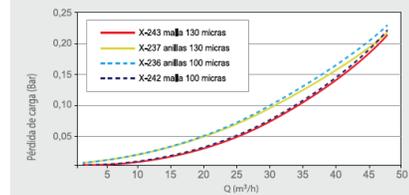
Filtros manuales 2"



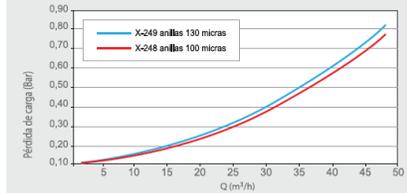
Filtros manuales 2" largo



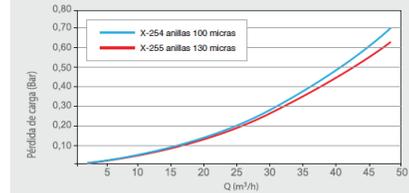
Filtros manuales 3"



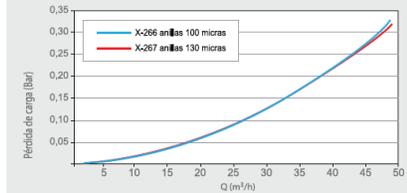
Filtros hidrociclónicos 2"



Filtros hidrociclónicos 2" largo



Filtros hidrociclónicos 3"



Dimensionado: nº de filtros por caudal / calidad de agua

Filtros ¾", 1", 1¼" y 1½"

filtros	medida	130 micras			100 micras			superficie de filtración
		A	B	C	A	B	C	
Malla	¾" - 1"	5,0	3,5	2,0	4,8	3,3	1,8	172 cm²
Anillas	¾" - 1"	4,7	3,1	1,7	4,5	2,9	1,6	195 cm²
Malla	1 ¼" - 1 ½"	13,0	8,8	6,7	12,5	8,3	6,2	297 cm²
Anillas	1 ¼" - 1 ½"	12,0	8,5	6,6	11,5	8,1	5,9	322 cm²

(m³/h)

Filtros manuales e hidrociclónicos

filtro	Anilla 200 micras			Anilla 130 micras			Anilla 100 micras			Anilla 50 micras			Anilla 25 micras		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
2" standard	22	16	8	21	14	8	17	11	7	11	8	5	5	4	2
2"	30	20	12	28	18	11	23	15	9	15	10	6	7	5	3
2" - Largo	35	23	20	34	22	18	28	18	15	18	12	9	9	6	4
3"	45	30	20	43	28	18	36	23	15	23	15	9	11	8	5
3" doble COMPACT	67	45	27	63	40	24	52	34	21	33	22	13	16	11	7
4" doble COMPACT	74	49	30	70	45	26	57	37	23	36	24	14	18	12	8
3" doble /hidrociclónico	98	65	39	92	59	34	75	49	30	48	31	18	24	16	10
4" doble /hidrociclónico	107	72	43	102	65	38	83	54	33	52	34	20	26	17	11

(m³/h)

Baterías Filmaster 2"

nº filtros	Anilla 200 micras			Anilla 130 micras			Anilla 100 micras			Anilla 50 micras			Anilla 25 micras			Ø colector
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	
1 MasterONE	35	23	12	33	22	11	27	18	9	17	12	6	9	6	3	63
2	62	42	22	60	39	20	49	33	17	31	21	10	16	10	5	90
3	94	62	33	90	59	29	74	49	25	47	31	16	23	16	8	110
4	125	83	44	120	78	39	99	65	34	62	42	21	31	21	10	110
5	156	104	55	150	98	49	124	81	42	78	52	26	39	26	13	160
6	187	125	66	179	117	59	148	98	51	94	62	31	47	31	16	160
m³/h x filtro	31,2	20,8	11,1	29,9	19,5	9,8	24,7	16,3	8,5	15,6	10,4	5,2	7,8	5,2	2,6	

(m³/h)

Baterías Filmaster 3"

nº filtros	Anilla 200 micras			Anilla 130 micras			Anilla 100 micras			Anilla 50 micras			Anilla 25 micras			Ø colector
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	
2	72	48	24	63	42	21	54	36	18	38	26	13	19	13	7	110
3	108	71	36	95	63	32	81	53	28	58	39	20	29	20	10	160
4	144	95	48	126	84	42	108	71	37	77	52	26	38	26	13	160
5	179	119	60	158	105	53	135	89	46	96	65	33	48	33	16	200
6	215	143	72	189	126	63	162	107	55	115	78	39	58	39	20	200
8	287	190	96	252	168	84	216	142	74	154	104	52	77	52	26	200-315
10	359	238	120	315	211	105	270	178	92	192	130	65	96	65	33	200-315
m³/h x filtro	35,9	23,8	12,0	31,5	21,1	10,5	27,0	17,8	9,2	19,2	13,0	6,5	9,6	6,5	3,3	

(m³/h)

Baterías Filtrmaster 3" doble cuerpo

n° filtros	Anilla 200 micras			Anilla 130 micras			Anilla 100 micras			Anilla 50 micras			Anilla 25 micras			Ø colector
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	
2	144	95	48	126	84	42	108	71	37	77	52	26	38	26	13	110
3	215	143	72	189	126	63	162	107	55	115	78	39	58	39	20	160
4	287	190	96	252	168	84	216	142	74	154	104	52	77	52	26	160
5	359	238	120	315	211	105	270	178	92	192	130	65	96	65	33	200
6	431	285	144	378	253	126	324	214	111	231	156	78	115	78	39	200
8	574	381	191	504	337	168	433	285	148	308	208	104	154	104	52	200-315
10	718	476	239	631	421	211	541	356	185	385	260	130	192	130	65	200-315
m³/h x filtro	71,8	47,6	23,9	63,1	42,1	21,1	54,1	35,6	18,5	38,5	26,0	13,0	19,2	13,0	6,5	

(m³/h)

Baterías Filtrmaster 4" doble cuerpo

n° filtros	Anilla 200 micras			Anilla 130 micras			Anilla 100 micras			Anilla 50 micras			Anilla 25 micras			Ø colector
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	
2	92	32	21	86	57	37	74	47	29	47	31	19	23	17	22	200
3	226	150	75	199	133	66	170	112	58	121	82	41	61	41	20	200
4	301	200	100	265	177	88	227	150	78	162	109	55	81	55	27	200
5	377	250	126	331	221	111	284	187	97	202	137	68	101	68	34	250
6	452	300	151	397	265	133	341	224	116	242	164	82	121	82	41	250
8	603	400	201	530	354	177	454	299	155	323	218	109	162	109	55	250-315
10	753	500	251	662	442	221	568	374	194	404	273	137	202	137	68	250-315
m³/h x filtro	75,3	50,0	25,1	66,2	44,2	22,1	56,8	37,4	19,4	40,4	27,3	13,7	20,2	13,7	6,8	

(m³/h)

total sólidos en suspensión

A < 50 ppm	50 ppm < B < 100 ppm	100 ppm < C < 150 ppm
Río / Embalse	Canal Artificial	Agua Residual

anillas	micras	mesh	utilidad
Amarillo	200	80	Filtración media aspersión, difusión
Rojo	130	120	Filtración media fina, goteros, micro aspersión
Azul	100	150	Filtración media fina, cinta, goteros
Verde	50	200	Filtración fina, climatización, nebulización, aplicaciones industriales
Celeste	25	600	Filtración muy fina, aguas de proceso, spa, aplicaciones industriales

Superficie de filtrado

datos partida	Anilla 200 micras	Anilla 130 micras	Anilla 100 micras	Anilla 50 micras	Anilla 25 micras	
n°. cresta por anilla	800	1000	1200	1440	1440	
sup. total cresta (mm²)	0,2	0,13	0,1	0,05	0,025	
espesor anilla	1,35	1,1	1,1	0,84	0,84	
n°. cruces efectivos	4	4	4	4	4	
	2" standard	2"	Manual 3" y 2" largo	Manual 3" y 4" doble cuerpo	Automático 2" y 3"	Automático 3" y 4" doble cuerpo
n° anillas 130 micras	208	288	372	744	330	660

Superficie efectiva Filtrmaster 2" standard

	Anilla 200 micras	Anilla 130 micras	Anilla 100 micras	Anilla 50 micras	Anilla 25 micras
mm²	210.712	139.499	128.769	58.999	29.499
cm²	2.107	1.395	1.288	590	295

Anexo 6. Ficha técnica bomba Franklin Electric Sumergible SSI Sub-Pump 85 GPM 5 HP



Franklin Electric

Hoja de datos características de la bomba

Nombre de la Compañía : Durman Esquivel S.A.

Nombre de contacto de la empresa :

Número de contacto de la empresa :

Cotización No. :

Fecha de recepción de la consulta :

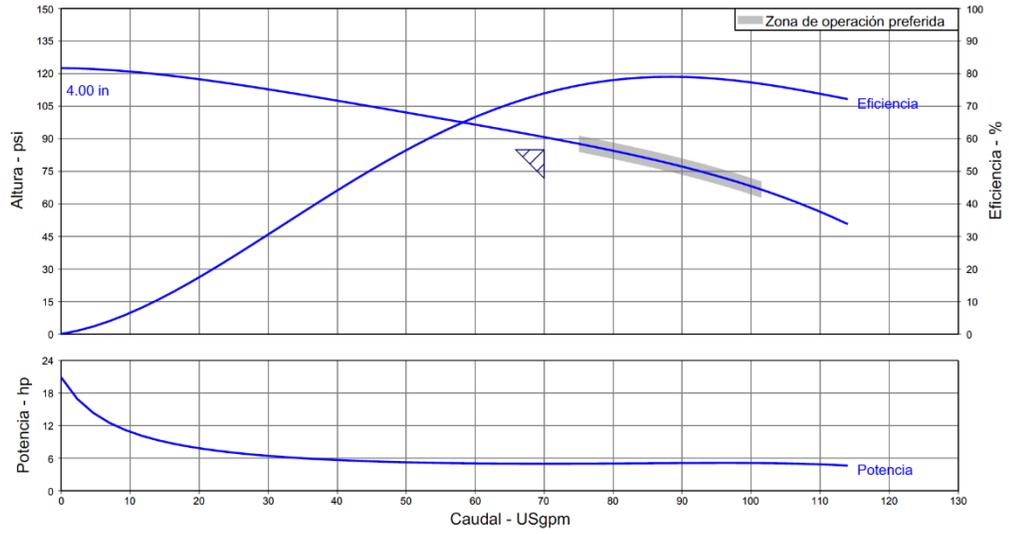
Modelo/Número de Orden	: 85 GPM 6" SSI Sub-Pump (Build Center)	Según el número de la curva	: SSI 6-85-5-28
Etapas	: 5	Fecha de último salvado	: 29 abr 2020 9:27 PM
Cantidad de bombas en paralelo	: 1		

Condiciones de operación		Líquido	
Caudal, nominal	: 70.00 USgpm	Tipo de líquido	: Water
Presión nominal (requerido)	: 85.00 psi	También conocido como	:
Presión nominal (efectiva)	: 90.80 psi	Diámetro máximo de sólidos	: 0.00 in
Presión de succión, diseño/máx.	: 0.00 / 0.00 psi.g	Concentración de sólidos, en volumen	: 0.00 %
NPSH disponible	: Amplio	Temperatura	: 68.00 F
Frecuencia	: 60 Hz	Densidad de fluido	: 1.000 / 1.000 Peso esp.
		Viscosidad	: 1.00 cP
Rendimiento		Presión de vapor, diseño	: 0.34 psi.a
Velocidad	: 3450 rpm	Material	
Diámetro impulsor	: 4.00 in	Material seleccionado	: Standard
Diámetro impulsor, máximo	: 4.00 in	Datos presión	
Diámetro impulsor, mínimo	: 4.00 in	Presión máxima de trabajo	: 122.7 psi.g
Eficiencia	: 73.99 %	Máxima presión de operación permisible	: N/D
PEI (CL)	: 0.87	Límite de presión de succión	: N/D
NPSH requerido / margen requerido	: - / 0.00 ft	Presión de prueba hidrostática	: N/D
Ns (flujo rodete) / Nss (flujo rodete)	: 2,190 / - Unidades US	Datos unidad motriz & Potencia (@Densidad máx.)	
Caudal estable continuo mínimo	: 66.00 USgpm	Margen sobre el criterio de potencia	: Potencia nominal
Presión máx.	: 122.7 psi	Margen de prestación	: 0.00 %
Aumento de la altura de elevación con flujo de impulsión cerrado	: 35.09 %	Factor de servicio	: 1.15 (usado)
Caudal, punto de mejor rendimiento	: 88.28 USgpm	Potencia, hidráulica	: 3.71 hp
Relación de caudal, nominal / PMR	: 79.29 %	Potencia, nominal	: 5.01 hp
Relación de diámetro (nominal / máximo)	: 100.00 %	Potencia máx.	: 20.89 hp
Relación de altura (diám. nominal / diám. máximo)	: 100.00 %	Potencia de motor	: 5.00 hp / 3.73 kW
Cq/Ch/Ce/Cn [ANSI/HI 9.6.7-2010]	: 1.00 / 1.00 / 1.00 / 1.00		
Condición de selección	: Aceptable		



Curva característica bomba

Nombre de la Compañía : Durman Esquivel S.A.
 Nombre de contacto de la empresa :
 Número de contacto de la empresa :
 Cotización No. :
 Fecha de recepción de la consulta :



Modelo/Número de Orden	: 85 GPM 6" SSI Sub-Pump (Build Center)	Velocidad	: 3450 rpm	NPSH requerido	: -
Etapas	: 5	Según el número de la curva	: SSI 6-85-5-28	Densidad de fluido	: 1.000 / 1.000 Peso esp.
Caudal, nominal	: 70.00 USgpm	Eficiencia	: 73.99 %	Viscosidad	: 1.00 cP
Presión nominal	: 85.00 psi	Potencia, nominal	: 5.01 hp	Cq/Ch/Ce/Cn [ANSI/HI 9.6.7-2010]	: 1.00 / 1.00 / 1.00 / 1.00
				Fecha de último salvado	: 29 abr 2020 9:27 PM

29 abr 2020 9:27 PM

Anexo 7. Ficha técnica bomba Franklin Electric Sumergible SSI Sub-Pump 150 GPM 7 HP



Franklin Electric

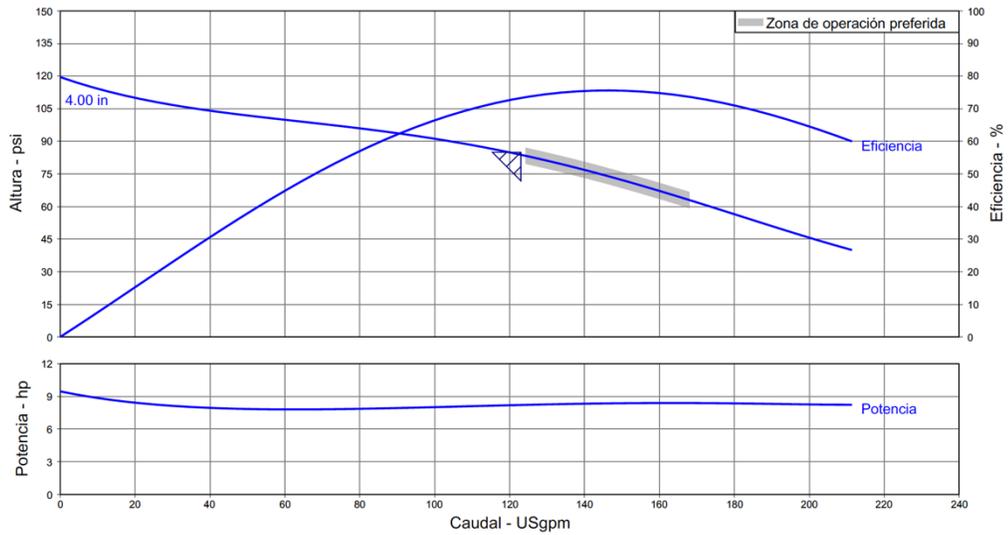
Hoja de datos características de la bomba

Nombre de la Compañía :
 Nombre de contacto de la empresa :
 Número de contacto de la empresa :
 Cotización No. :
 Fecha de recepción de la consulta :

Modelo/Número de Orden	: 150 GPM 6" SSI Sub-Pump (Build Center)	Según el número de la curva	: SSI 6-150-3-33
Etapas	: 5	Fecha de último salvado	: 25 abr 2020 5:45 PM
Cantidad de bombas en paralelo	: 1		

Condiciones de operación		Líquido	
Caudal, nominal	: 123.0 USgpm	Tipo de líquido	: Water
Presión nominal (requerido)	: 85.00 psi	También conocido como	:
Presión nominal (efectiva)	: 83.82 psi	Diámetro máximo de sólidos	: 0.00 in
Presión de succión, diseño/máx.	: 0.00 / 0.00 psi.g	Concentración de sólidos, en volumen	: 0.00 %
NPSH disponible	: Amplio	Temperatura	: 68.00 F
Frecuencia	: 60 Hz	Densidad de fluido	: 1.000 / 1.000 Peso esp.
		Viscosidad	: 1.00 cP
		Presión de vapor, diseño	: 0.34 psi.a
Rendimiento		Material	
Velocidad	: 3450 rpm	Material seleccionado	: Standard
Diámetro impulsor	: 4.00 in		
Diámetro impulsor, máximo	: 4.00 in	Datos presión	
Diámetro impulsor, mínimo	: 4.00 in	Presión máxima de trabajo	: 119.6 psi.g
Eficiencia	: 73.30 %	Máxima presión de operación permisible	: N/D
PEI (CL)	: 0.94	Límite de presión de succión	: N/D
NPSH requerido / margen requerido	: - / 0.00 ft	Presión de prueba hidrostática	: N/D
Ns (flujo rodete) / Nss (flujo rodete)	: 2,951 / - Unidades US	Datos unidad motriz & Potencia (@Densidad máx.)	
Caudal estable continuo mínimo	: 115.0 USgpm	Margen sobre el criterio de potencia	: Potencia nominal
Presión máx.	: 119.6 psi	Margen de prestación	: 0.00 %
Aumento de la altura de elevación con flujo de impulsión cerrado	: 42.67 %	Factor de servicio	: 1.15 (usado)
Caudal, punto de mejor rendimiento	: 146.1 USgpm	Potencia, hidráulica	: 6.01 hp
Relación de caudal, nominal / PMR	: 84.17 %	Potencia, nominal	: 8.20 hp
Relación de diámetro (nominal / máximo)	: 100.00 %	Potencia máx.	: 9.45 hp
Relación de altura (diám. nominal / diám. máximo)	: 100.00 %	Potencia de motor	: 7.50 hp / 5.59 kW
Cq/Ch/Ce/Cn [ANSI/HI 9.6.7-2010]	: 1.00 / 1.00 / 1.00 / 1.00		
Condición de selección	: Correspondencia parcial		

Nombre de la Compañía :
 Nombre de contacto de la empresa :
 Número de contacto de la empresa :
 Cotización No. :
 Fecha de recepción de la consulta :



Modelo/Número de Orden	: 150 GPM 6" SSI Sub-Pump (Build Center)	Velocidad	: 3450 rpm	NPSH requerido	: -
Etapas	: 5	Según el número de la curva	: SSI 6-150-3-33	Densidad de fluido	: 1.000 / 1.000 Peso esp.
Caudal, nominal	: 123.0 USgpm	Eficiencia	: 73.30 %	Viscosidad	: 1.00 cP
Presión nominal	: 85.00 psi	Potencia, nominal	: 8.20 hp	Cq/Ch/Ce/Cn [ANSI/HI 9.6.7-2010]	: 1.00 / 1.00 / 1.00 / 1.00
				Fecha de último salvado	: 25 abr 2020 5:45 PM

Anexo 8. Ficha técnica control Evolution Toro



The Toro® EVOLUTION series controller has changed the way we think about irrigation control. It combines a modern and intuitive design with wide-ranging functionality, making it perfect for everyday residential use, yet able to meet the needs of more complex landscapes.

FEATURES & BENEFITS

Ease of Use

The EVOLUTION controller's user interface was designed with easy programming and navigation. Shortcut buttons provide quick access to basic functions while the advanced menu leverages the experience and knowledge of the irrigation professional, all shown on an easy-to-read backlit graphic display.

Water-Saving Wireless Accessories

The unique Smart Connect® receiver plugs into the back of the front panel, allowing the controller to wirelessly communicate directly with a number of add-on devices, including the Wireless ET Weather Sensor, Precision™ Soil Sensor, Handheld Remote, and up to two Auxiliary Relays.

Control from Anywhere

Manage your clients' new or existing EVOLUTION Series controllers through the internet using the SMRT Logic™ gateway and SMRTscape™ mobile app or website.

Powerful Features

The EVOLUTION controller comes standard with features ready to meet the wide-ranging needs of your clients, such as three independent watering schedules, a stand-alone Auxiliary schedule, modular expansion from 4 to 16 zones, and the capability to power up to four standard solenoids.



When equipped with a
Wireless ET Weather Sensor
(EVO-WS)

EVOLUTION SERIES MODEL LIST

Model	Description
EVO-4ID	4-station Indoor Controller
EVO-4OD	4-station Outdoor Controller
Add-ons and Accessories	
EMOD-4	4-station Expansion Module
EMOD-12	12-station Expansion Module
EVO-SC	Smart Connect® Plug-In Receiver
PSS-SEN	Wireless Precision™ Soil Sensor Probe Only
EVO-WS	Wireless ET Weather Sensor
EVO-HH	Wireless Handheld Maintenance Remote
EVO-AR	Wireless Auxiliary Relay
SMRT-T	SMRT Logic® Internet Gateway

SPECIFICATIONS

Electrical

- Electrical input power:
 - 120V ac
 - 30 VA maximum
 - UL, CUL Listed
- Station output power:
 - 24V ac
 - 0.75 amps per station maximum
 - 0.75 amps pump/master valve
 - 1.0 amps total load
- Surge Protection:
 - 6.0 KV common mode; 1.0 KV normal mode
- Operation of two solenoids per station

Dimensions

- 11 1/2" W x 7 3/4" H x 4 1/4" D
- Weight: 4.5 lbs.

Warranty

- Five years

Specifying Information- EVOLUTION® Series

EVO-XX-XX-SC			
Description	Cabinet Type	Module	Connector Options
EVO	XX	XX	SC
EVO – EVOLUTION Controller	ID – Indoor OD – Outdoor	4 – No Additional Modules 8 – One, 4-Station Modules 12 – Two, 4-Station Modules 16 – One, 12-Station Module	SC – Smart Connect®

Example: A 16-station EVOLUTION controller in an indoor cabinet with Smart Connect would be specified as: **EVO-ID-16-SC**

Anexo 9. Sensor de lluvia RSD-BEX Rain Bird



ACCESORIOS PARA PROGRAMADORES



RSD-BEX

Sensor de Lluvia

APLICACIONES

El sensor de lluvia de la serie RSD de Rain Bird es un sensor para aplicaciones residenciales y comerciales. Este producto ahorra agua y extiende la vida útil del sistema de riego midiendo la precipitación automáticamente y evitando que el sistema desperdicie agua cuando llueve.

CARACTERISTICAS

- Se puede instalar con todos los programadores de 24 VAC y de 9V (para cajas de conexión TBOS™ antiguas es necesario instalar el Interface Rain Sensor - TBOS™).
- Ajuste rápido y fácil con solamente girar el selector - de 5 a 20 mm.
- Reglaje del anillo de ventilación para controlar el tiempo de secado.

- Cuerpo de plástico de calidad superior, resistente a los rayos ultravioleta.
- Soporte y brazo de aluminio resistente, el brazo se extiende hasta 15,2 cm.
- Cable de extensión de 7,6 metros de fácil conexión a los programadores.

ESPECIFICACIONES

No recomendado para circuitos o dispositivos de alto voltaje.
Capacidad eléctrica: hasta tres solenoides de 24 VCA, 7V por estación mas una válvula maestra

DIMENSIONES

Largo: 16,5 cm
Alto: 13,7 cm



MODELO

RSD-BEX

RAIN CHECK™

Pluviómetro electrónico

APLICACIONES

El RAIN CHECK™ es indispensable en todos los sistemas de riego automático residenciales. Permite, en caso de lluvia, evitar automáticamente un ciclo de riego innecesario.

CARACTERISTICAS

- Funcionamiento con todos los programadores de 24 VAC (excepto ESP-Modular y ESP-LX Modular)
- No modifica el programa almacenado en memoria: la interrupción y el arranque se hacen automáticamente
- La evaporación en el RAIN CHECK™ es más rápida que en el suelo, para evitar la pérdida completa de la humedad del suelo. Tan pronto como los electrodos dejan de estar sumergidos en el agua, podrá arrancar un nuevo riego

- Sensores de acero inoxidable ajustables que ofrecen la posibilidad de interrumpir el riego desde 3,2 mm hasta alcanzar o superar los 12,6 mm
- Montaje mural orientable según la inclinación del soporte de fijación
- Montaje en serie con el cable común
- Colector de agua extraíble para facilitar la limpieza.

ESPECIFICACIONES

Un pluviómetro RAIN CHECK™ por programador



DIMENSIONES

Longitud : 20,3 cm
Altura : 10,2 cm
Anchura : 6,4 cm

MODELO

RAIN CHECK™

SENSOR DE VIENTO Y HELADAS

APLICACIONES

El sensor de viento y heladas esta destinado a aplicaciones residenciales y/o comerciales. Mide automáticamente los parámetros de viento y/o temperatura (de 1-4°C) interrumpiendo y/o evitando el riego en condiciones de viento o heladas.

CARACTERISTICAS

- La temperatura puede ser ajustada entre 1-4°C.
- La velocidad del viento puede ajustarse entre 3-90 km/h
- Función de reajuste: permite reajustar el anemómetro y el termómetro
- Piloto indicador de viento: se enciende cuando la velocidad del viento es superior al valor seleccionado

- Piloto indicador de temperatura: se enciende cuando la temperatura desciende por debajo del valor seleccionado
- Compatible con los programadores Serie ITC, Image, ESP-Modular, ESP-LX Modular, Dialog™

ESPECIFICACIONES

- Fuente de alimentación: 24 Vac/Vdc
- Consumo: 1,2 VA
- Contactos: AC1:
 - AC11: 2,5 A - 230 Vac
 - DC11: 5A - 24 Vdc



MODELO

V00W1 : Sensor de Viento/Heladas

Anexo 10. Ficha técnica control ESP-ME Rain Bird

PROGRAMADOR DE LA SERIE ESP-ME

El programador modular

El ESP-Modular es ahora compatible con wifi y presenta un nuevo diseño con un conjunto de características ampliadas para ofrecer a los contratistas la solución de programador de riego más flexible del sector. El programador ESP-Me admite hasta 22 estaciones, 4 programas y 6 horas de inicio.

APLICACIONES

El Programador compatible con wifi ESP-Me ofrece características de programación flexibles que lo convierten en el programador ideal para todas sus necesidades de programación de riego.

• Fácil de usar

- El Programador compatible con wifi ESP-Me se ha diseñado pensando en la facilidad de uso. Este programador presenta la mayor pantalla LCD del sector en su clase, e incorpora iconos universales tanto en la carátula del programador como en el LCD.

• Fácil instalación

- El Programador compatible con wifi ESP-Me se monta con tan solo dos tornillos de montaje. Su guía para tubos conductores de 1/2" o 3/4" permite la instalación profesional de los cables de campo en el armario. Para situaciones que requieren cables mayores, retire el recorte para conseguir un diámetro de 1".

• Hardware del programador

- Carcasa de montaje de pared de plástico con puerta
- Módulo base de 4 estaciones
- Tornillos de montaje
- Conectores de torsión para los modelos de aire libre

• Características del programador

- Pantalla LCD de gran tamaño con interfaz de usuario fácil de manejar
- Entrada de sensor de lluvia con capacidad de anulación
- Circuito de válvula maestra/ arranque de bomba
- Memoria de almacenamiento no volátil (100 años)
- Programable a distancia con alimentación de pila a 9V (no incluida)

• Características de programación

- 4 programas individuales con 6 horas de inicio independientes por programa para un total de 24 horas de inicio
- Opciones de programación de riego: por días de la semana, días naturales IMPARES, días naturales PARES o cíclico (cada 1 – 30 días)

• Características avanzadas

- Diagnóstico avanzado y detección de cortocircuitos con alerta led
- Guardado/restauración de programa(s) guardado(s) Contractor Default™
- Derivación de sensor de lluvia por estación
- Calculadora de tiempo total de funcionamiento por programa
- Riego manual con una pulsación
- Retardo de riego de hasta 14 días (solo para las estaciones no configuradas para omitir el sensor de lluvia)
- Opción de riego manual por programa o estación
- Ajuste por estaciones del año aplicado a todos los programas o a un programa individual
- Retardo entre estaciones ajustable (por defecto, ajustado a 0)
- Apertura/cierre de válvula maestra por estación

• Especificaciones de funcionamiento

- Tiempo de riego por estación: 1 minuto a 6 horas
- Ajuste por estaciones del año: 5% al 200%
- Temperatura de funcionamiento máx.: 65°C

• Especificaciones eléctricas

- Entrada requerida: 230/240 V CA \pm 10 %, 50/60 Hz
- Salida: 25,5 VAC 1 A
- Tensión de funcionamiento de válvula maestra/relé de arranque de bomba: 24 VAC 50/60 Hz Corriente de inserción de bobina máx.: 11 VA Retención de bobina máx.: 5 VA



- No requiere alimentación de respaldo. La memoria no volátil almacena permanentemente la programación actual y una batería de litio con 10 años de vida útil protege la hora y la fecha del programador durante los cortes del suministro eléctrico.

• Homologaciones

- UL, cUL, CE, CSA, C-Tick, FCC Part 15b, WEEE, S-Mark,
- IP24

DIMENSIONES

Ancho: 27,2 cm
Alto: 19,5 cm
Fondo: 11,2 cm

MODELOS (230VAC)

IESP4MEEUR (Ref.: F5120): Controlador modular básico de 4 estaciones. Ampliable a 22 estaciones
ESP-SM3 (Ref.: F38200): Módulo de ampliación de 3 estaciones
ESP-SM6 (Ref.: F38260): Módulo de ampliación de 6 estaciones
639392 (Ref.: 639392): Interfaz de panel habilitado wifi ESP-ME

Cómo especificar su modelo:

Programador compatible con wifi ESP-Me 230 V (disponible solo para modelos de exterior) IESP4MEEUR 230 V

Módulos de expansión para todos los modelos
ESP-SM3 Módulo de expansión de 3 estaciones
ESP-SM6 Módulo de expansión de 6 estaciones



Anexo 11. Diámetros de tubería interna

Diámetro Nominal		SDR	Presión de trabajo Kg/cm ²	Lon. tubo (m)	Dia. Exterior	Dia. Interior	Presión de ruptura Kg/cm ²	Peso por tubo (Kg)
(mm)	Pulg.				(mm)	(mm)		
12	½	13,5	22,1	6	21,34	18,2	70,2	0,87
12	½	Sch40	42	6	21,34	15,8		1,34
18	¾	17	17,6	6	26,67	23,53	56,2	1,11
18	¾	Sch40	34	6	26,7	20,9		1,79
25	1	17	17,6	6	33,4	29,48	56,2	1,73
25	1	Sch40	32	6	33,4	26,6		2,67
31	1 1/4	17	17,6	6	42,16	37,18	56,2	2,75
38	1 1/2	17	17,6	6	48,26	42,58	56,2	3,62
50	2	17	17,6	6	60,33	53,21	56,2	5,62
62	2 1/2	17	17,6	6	73,03	54,45	56,2	8,22
75	3	17	17,6	6	88,9	78,44	56,2	12,19
100	4	17	17,6	6	114,3	100,84	56,2	20,16
150	6	17	17,6	6	168,28	148,46	56,2	43,69
200	8	17	17,6	6	219,08	193,28	56,2	74,24
Diámetro Nominal		SDR	Presión de trabajo Kg/cm ²	Lon. tubo (m)	Dia. Exterior	Dia. Interior	Presión de ruptura Kg/cm ²	Peso por tubo (Kg)
(mm)	Pulg.				(mm)	(mm)		
25	1	26	11,2	6	33,4	30,36	35,1	30,36
31	1 1/4	26	11,2	6	42,16	38,9	35,1	38,90
38	1 1/2	26	11,2	6	48,26	44,56	35,1	44,56
50	2	26	11,2	6	60,33	55,71	35,1	55,71
62	2 1/2	26	11,2	6	73,03	67,45	35,1	67,45
75	3	26	11,2	6	88,90	82,04	35,1	82,04
100	4	26	11,2	6	114,30	105,52	35,1	105,52
150	6	26	11,2	6	168,28	155,32	35,1	155,32
200	8	26	11,2	6	219,08	202,22	35,1	202,22
250	10	26	11,2	6	273,05	252,07	35,1	252,07
300	12	26	11,2	6	323,85	298,95	35,1	298,95
31	1 1/4	32,5	8,8	6	42,2	39,0	28,1	1,67
38	1 1/2	32,5	8,8	6	48,26	45,22	28,1	1,855
50	2	32,5	8,8	6	60,33	56,63	28,1	2,899
62	2 1/2	32,5	8,8	6	73,03	68,55	28,1	4,249
75	3	32,5	8,8	6	88,90	83,42	28,1	6,58
100	4	32,5	8,8	6	114,30	107,28	28,1	10,84
150	6	32,5	8,8	6	168,28	157,92	28,1	23,54
200	8	32,5	8,8	6	219,08	205,62	28,1	39,94
250	10	32,5	8,8	6	273,05	256,23	28,1	62,22
300	12	32,5	8,8	6	323,85	303,93	28,1	87,51
31	1 1/4	41	7,0	6	42,16	39,80	22,1	1,08
38	1 1/2	41	7,0	6	48,26	45,90	22,1	1,45
50	2	41	7,0	6	60,32	57,38	22,1	2,23
62	2 1/2	41	7,0	6	73,03	69,46	22,1	3,10
75	3	41	7,0	6	88,90	84,58	22,1	5,18
100	4	41	7,0	6	144,30	108,72	22,1	8,74
150	6	41	7,0	6	168,28	160,08	22,1	18,9
200	8	41	7,0	6	219,08	208,42	22,1	31,92
250	10	41	7,0	6	273,05	259,75	22,1	49,58
300	12	41	7,0	6	323,85	308,05	22,1	69,86
380	15	41	7,0	6	388,60	369,70	22,1	93,6

Anexo 12. Reglamento General sobre los procedimientos de Evaluación de Impacto Ambiental (EIA)

F. Construcción	45. Construcción	Modificación del terreno (desmante y movimiento de tierras) Movimiento de tierras cuando no sea parte integral de la primera etapa de un proyecto de infraestructura. <i>Zona Urbana</i>	4510		>1,000 m ³	201 - 1,000 m ³	0-200 m ³
		Modificación del terreno (desmante y movimiento de tierras) Movimiento de tierras cuando no sea parte integral de la primera etapa de un proyecto de infraestructura. <i>Zona Rural</i>			>1,000 m ³	0 - 1,000 m ³	
		Construcción y operación de edificaciones. <i>Zona Urbana</i>	4520	> 10,000 m ² de construcción	5,000 – 10,000 m ² de construcción	1,000 – 4,999 m ² de construcción	0 – 999 m ² de construcción
		Construcción y operación de edificaciones. <i>Zona Rural</i>	4520	> 10,000 m ² de construcción	5,000 – 10,000 m ² de construcción	0 – 4,999 m ² de construcción	
		Construcción de edificios industriales y de almacenamiento, cuando no tengan relación directa con la operación		> 10,000 m ²	3,000 – 10,000 m ²	500 – 2,999 m ²	0 – 499 m ²
		Construcción y operación de hoteles, albergues, complejos turísticos y clubes campestres.	5510	> 10,000 m ²	5,000 – 10,000 m ²	1,000 – 4,999 m ²	0 – 999 m ²
		Construcción y operación de hospitales y clínicas		Todas			
		Construcción y operación de hospitales y clínicas veterinarias			Todas		
		Construcción y operación de hospicios, albergues de huérfanos, ancianos, psiquiátricos y demás centros de atención social.			Todas		
		Construcción y operación de centros de salud de atención ambulatoria e incluye a los EBAS.				Todas	
		Construcción y operación de cementerios.		Todas			
		Urbanizaciones residenciales de alta y mediana densidad	4520	> 5 ha	1 – 5 ha	< 1 ha	

Anexo 13. Formulario D1 de Setena Diseño 1

9. Calificación final de la SIA:		197				
10. Clasificación en función de la calificación final y que establece el procedimiento en SETENA, según la ruta de decisión.						
Tipo	Nota	Procedimiento				
A	Mayor que 1000.	Estudio de Impacto Ambiental.				
B ₁	Mayor que 300 y menor o igual que 1000.	Pronóstico-Plan de Gestión Ambiental.				
B ₂	Menor o igual que 300.	Declaración Jurada de Compromisos Ambientales.				

Anexo 14. Formulario D1 de Setena Diseño 2

9. Calificación final de la SIA:		232				
10. Clasificación en función de la calificación final y que establece el procedimiento en SETENA, según la ruta de decisión.						
Tipo	Nota	Procedimiento				
A	Mayor que 1000.	Estudio de Impacto Ambiental.				
B ₁	Mayor que 300 y menor o igual que 1000.	Pronóstico-Plan de Gestión Ambiental.				
B ₂	Menor o igual que 300.	Declaración Jurada de Compromisos Ambientales.				