

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

DISEÑO DE UN SISTEMA DE RIEGO MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DE AGUAS
RESIDUALES TRATADAS Y ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA
IMPLEMENTACIÓN DE LUMINARIAS SOLARES PARA EL PARQUE DE EL TEJAR
DEL CANTÓN DE EL GUARCO

DREXLER JESÚS GUZMÁN CRUZ

CARTAGO, 2019

DISEÑO DE UN SISTEMA DE RIEGO MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DE AGUAS
RESIDUALES TRATADAS Y ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA
IMPLEMENTACIÓN DE LUMINARIAS SOLARES PARA EL PARQUE DE EL TEJAR
DEL CANTÓN DE EL GUARCO

Drexler Jesús Guzmán Cruz

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

Marvin Villalobos Araya

Asesor - Lector

Marvin Villalobos Araya

Director Escuela
Ingeniería Agrícola

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA

CARTAGO, COSTA RICA

2019

Dedicatoria

Dedico este trabajo en primer lugar a Dios todo poderoso por permitirme y darme la capacidad intelectual para concluir mis estudios de educación superior. Y a mis padres quienes cultivaron en mí el gusto por el aprendizaje, con su amor y cariño moldearon mi carácter de ser luchador, perseverante y no rendirme ante las adversidades.

Los amo con todo mi corazón, este trabajo es de ustedes también, ya que ha sido un esfuerzo de los tres.

Son mi inspiración.

Agradecimiento

A todos los compañeros de Ingeniería Agrícola y otras carreras del ITCR que se desarrollan o desarrollaron como profesionales a mi lado sembrando una bella amistad.

A todos los profesores que formaron parte de mi desarrollo académico, compartiendo sus conocimientos y brindándome las herramientas necesarias para mi incorporación a la fuerza laboral costarricense.

A la Ingeniera Sthefany Hernández Garita, Coordinadora del Departamento de Gestión Ambiental de la Municipalidad de El Guarco, por brindarme la oportunidad de realizar mi Trabajo Final de Graduación y a los demás funcionarios del mismo departamento y de la Municipalidad que colaboraron durante la ejecución del proyecto.

Y a la Familia Martínez Araya por su apoyo, ayuda, colaboración y cariño brindado. Siempre tendrán un lugar especial en mi corazón.

Índice de contenidos

I. RESUMEN	4
II. INTRODUCCIÓN	8
2.1. Objetivo General	10
2.2. Objetivos específicos	10
III. REVISIÓN LITERARIA	11
3. Conducción de aguas, sistemas de riego y energías renovables	12
3.1. Sistemas de conducción de aguas y sistemas de riego	12
3.2. Sistemas de riego	12
3.3. Riego de jardines	13
3.4. Riego por goteo	13
3.5. Aguas aprovechables para riego	14
3.6. Generación de electricidad a partir de energías renovables	16
IV. METODOLOGÍA	18
4. Materiales y métodos para el diseño	19
4.1. Inspección del lugar	19
4.2. Propiedades físicas del suelo	19
4.3. Fuente de agua	21
4.4. Condiciones climáticas	22
4.5. Diseño Agronómico	22
4.5.1. Riego por goteo	22
4.6. Diseño hidráulico	27
4.6.1. Riego por goteo	27
4.7. Diámetro de la tubería principal	30
4.8. Carga dinámica total	31
4.9. Análisis financiero	32
4.9.1. Costos del sistema de riego	32
4.9.2. Estudio de factibilidad de luminarias solares	32
4.10. Análisis ambiental	33
4.11. Análisis social	33
V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	34
5. Resultados y discusión	35

5.1. Inpección del lugar	35
5.2. Propiedades físicas del suelo	35
5.3. Diseño agronómico	37
5.4. Diseño hidráulico	42
5.5. Análisis financiero	47
5.5.1. Costos del sistema de riego	47
5.5.2. Estudio de factibilidad de instalación de lámparas solares.	49
5.6. Análisis ambiental	50
5.7. Análisis Social	51
VI. CONCLUSIONES	58
6. Conclusiones	59
VII. RECOMENDACIONES	60
7. Recomendaciones	61
VIII. BIBLIOGRAFÍA	62
IX. ANEXOS	65

I. RESUMEN

El proyecto fue desarrollado para la Municipalidad de El Guarco en la provincia de Cartago, ya que desean incursionar en el desarrollo de ciudades sostenibles haciendo un uso eficiente del recurso hídrico y la utilización de energías limpias.

Se llevó a cabo el diseño de un sistema de riego por goteo para las áreas verdes del parque de El Tejar haciendo uso de agua recicladas provenientes del Edificio Municipal, el cual proporciona 6 m³ diarios para ser aplicado al terreno. Sin embargo, el agua disponible no es suficiente para irrigar la totalidad del parque; también se realizó un estudio de factibilidad para determinar la viabilidad del uso de luminarias solares para el alumbrado público del parque de El Tejar, por lo que se plantearon 2 escenarios. El primero consistió en sustituir 10 postes actuales por 10 solares, de igual manera para el segundo escenario, sustituir 20 postes actuales por 20 solares. Sin embargo, cambiar los postes no resulta rentable debido a que los ahorros generados son pocos en comparación a la inversión y los gastos de mantenimiento.

Cabe destacar que la población del cantón de El Tejar es consciente de que se debe hacer un uso adecuado de los recursos naturales, pero existe alrededor del 50% de las personas entrevistadas que no sabían cómo hacerlo y desean que los gobiernos locales les instruyan.

Abstract

The project was developed to El Guarco Local government in Cartago. They want to grow up like a sustainable city using the water in a correct way and using green energies.

A design of irrigation system was created to green spots of the El Tejar Park using recycled water coming from the main Local government building. The system count with 6 m³ per day but it is not enough for the whole area. Also, feasibility study was done about the use of solar streetlight in the same park. It was proposed in 2 ways. The first one was designed replacing 10 current streetlights by the solar ones. The second design was replacing 20 current streetlights by the solar ones but, the profitability was negative because the investment and maintenance cost was higher than saved money.

Also, an important emphasize was about the El Tejar people knowledge of efficient use of natural resources. Nonetheless around 50% of people don't know how make a change about it. But they want that the Local government instruct them better on this topic.

II. INTRODUCCIÓN

La Municipalidad de El Guarco se encuentra ubicada en la provincia de Cartago, vela por el mejoramiento de la calidad de vida de los habitantes y el desarrollo humano de los distritos de Ojo de Agua, San Isidro, Tobosi y El Tejar. La Municipalidad al igual que muchas instituciones buscan reducir el impacto negativo generado al medio ambiente por las actividades que realizan, además de la reducción de costos de operación y mantenimiento de las distintas áreas públicas de los distritos respectivos.

El proyecto se realizó en el Parque de El Tejar en El Guarco de Cartago, el cual tiene un área aproximada de 7.000 m², tiene zonas verdes con distintos tipos de plantas ornamentales y árboles que decoran el espacio, actualmente presentan un consumo de agua que no supera la tarifa mínima, por lo que se puede sospechar que las plantas dentro del parque durante la época seca reciben menor agua de la que deberían. Sin embargo, cuando se observa desde el punto de vista económico suministrar el recurso hídrico a las plantas de esta manera es favorable para las finanzas, pero para efectos de mantenimiento y paisajismo del sitio no lo es.

También el parque cuenta con un alumbrado público que opera durante 12 horas en las noches, con 81 lámparas. La operación de este sistema eléctrico representa un gasto de dinero importante de manera mensual para la Municipalidad, por lo que resulta de vital importancia buscar distintas maneras de reducir ese consumo, de tal forma que sea amigable con el medio ambiente y rentable para la Municipalidad.

Actualmente el parque no cuenta con un sistema de riego funcional, sino que este es irrigado por el personal de mantenimiento usando mangueras donde conectan los aspersores, se clavan en el suelo y empiezan a regar las distintas secciones (una a la vez), un tiempo que el personal considere óptimo. Esto resulta ineficiente respecto al consumo de agua, además de que requiere mayor atención y tiempo por parte de los operarios para estar realizando los cambios en las respectivas subdivisiones del parque.

Debido a las problemáticas anteriormente mencionadas, el presente trabajo tiene como el objetivo general y objetivos específicos los siguientes:

2.1. Objetivo General

- Diseñar un sistema de riego y elaborar el estudio de factibilidad para la instalación de luminarias solares para el parque recreativo de El Tejar en el Guarco.

2.2. Objetivos específicos

- Diseñar un sistema de riego utilizando aguas residuales previamente tratadas.
- Llevar a cabo el estudio de factibilidad sobre el uso de luminarias solares para el alumbrado del parque.
- Realizar un análisis económico, ambiental y social con el fin de determinar si cada una de las partes del proyecto son viables.

III. REVISIÓN LITERARIA

3. Conducción de aguas, sistemas de riego y energías renovables

3.1. Sistemas de conducción de aguas y sistemas de riego

Los sistemas de conducción de aguas han sido una de las invenciones que el ser humano ha desarrollado para establecerse en un lugar fijo, ya que han podido transportar el agua desde un punto hasta otro, uno de estos sistemas de conducción es el de abastecimiento, ya sea para consumo humano (acueductos) o para fines en riego de cultivos, manifiesta Villalobos, M. (2018) que el transporte del fluido puede ser realizado mediante 2 maneras: aprovechando la pendiente del terreno y de esta manera transportar el agua mediante la fuerza de gravedad. O por equipos de bombeo que pueden impulsar el fluido contra la pendiente.

3.2. Sistemas de riego

Los sistemas de riego tienen como propósito según Villalobos, M. (2008), “la aplicación oportuna y uniforme de agua a un perfil del suelo para restituir la cantidad consumida por evapotranspiración de los cultivos entre dos riegos consecutivos” (p.13), por lo cual tiene como principal objetivo suplir las necesidades hídricas que el cultivo demanda.

Por otro lado, el término paisajismo según Ugarte, J. (2015), consiste en el ordenamiento horizontal, vertical y artificial de los elementos plantados según el orden que escoja el creador del paisaje. Esto sumado al propósito de la irrigación, se establece una nueva categoría de riego que se dedica a cubrir las necesidades hídricas de los cultivos que contribuyen a la belleza escénica de un sitio, el cual puede ser denominado riego de paisajismo o paisajista.

Existen diversas formas de regar cultivos, donde Solorzano, M. (2017), realiza una división en tipos de riego, los cuales son: superficial (surcos, melgas, pozas y subirrigación) y a presión (aspersión y localizado). Sin embargo, es importante destacar ¿Cuál es el mejor método de riego? Manifiestan Martínez, R., Prieto, D., Antúnez, A., Pla, M., & Zelmer, H. (2016), “no hay un mejor método de riego, sino que se deben tener en cuenta ventajas y desventajas de acuerdo a cuestiones topográficas, de disponibilidad de agua, propias de los cultivos, económicas, sociales y culturales” (p.3). Por lo que resulta importante tomar en consideración cada una de las variables anteriormente mencionadas para llevar a cabo un diseño satisfactorio.

3.3. Riego de jardines

Los sistemas de riego en jardines suelen utilizar sistemas presurizados, ya sea aspersión, localizado o combinados, donde el riego por aspersión es definido por Losada, A. (1997), cuando “el agua distribuida por sistemas a presión por una serie de conductos, hasta los ramales de aspersión, es asperjada a la atmósfera exterior a través de boquillas de desagüe apropiadas, dispuestas en un mecanismo aspersor, fijo o rotatorio” (p.65). Por otro lado, el riego localizado tiene una forma particular de aplicar riego en el terreno, manifiesta Shock, C. C., & Welch, T. (2013), que “suministra agua de manera lenta y uniforme a baja presión a través de mangueras de plástico instaladas dentro o cerca de la zona radicular de las plantas.” (p.1).

3.4. Riego por goteo

Uno de los sistemas de riego localizado comúnmente utilizados para jardinería es el goteo. Pueden clasificarse en 4 tipos en función de su diseño que, según manifiesta González, J., Hernández, J., Pérez, A., & Rodrigo, J. (1992), son los goteros sellados que pueden separarse sus piezas, luego los goteros desmontables que pueden desensamblarse para realizar limpiezas, también están los goteros en los que su carcasa es la propia tubería, conocidos como las cintas de riego, y por último los goteros integrados, estos se encuentran en el interior de la tubería fabricados de esta manera sin presentar acople alguno.

Es importante mencionar que las clases de goteros anteriormente mencionadas pueden poseer características como ser auto compensados, según Liotta, M. A., Carrión, R. A., Ciancaglini, N., & Olguín Pringles, A. (2015). “tienen la particularidad de mantener el mismo caudal, aunque varíe la presión. El flujo es turbulento y en su interior poseen una membrana de silicona (diafragma) que se deforma por la diferencia de presión del agua antes y después de la misma, modificando el conducto de paso y manteniendo el caudal constante.” (p.21). Por lo cual este tipo de goteros es recomendable para terrenos que presenta una topografía accidentada, longitudes de laterales variadas y extensiones largas.

Los sistemas de riego por goteo al igual que el resto de ellos presentan ventajas y desventajas, manifiesta Zúñiga, E. (2004). que algunas ventajas son: el ahorro de agua debido a que hay pocas pérdidas por evaporación, se puede aplicar fertilizante junto con el riego, no tiene

afectación por fuertes vientos, no requiere nivelación de terreno, entre otras. Sin embargo, presenta ciertas desventajas como: elevado costo inicial, si la calidad de agua no es buena se requiere sistemas de filtrado de alto costo, peligro de plagas y enfermedades que pueden desarrollarse en zonas humedecidas cercanas a las boquillas y muchas otras.

El sistema de filtrado es una parte fundamental para los sistemas de riego localizado, estos reducen el riesgo de taponamiento en las salidas de los emisores y por consiguiente asegurar que las plantas reciban la lámina que requieren para un desarrollo óptimo. Según FERNÁNDES, M. M., de Experimentación, S. Á., Agroganadera, D., GONZÁLEZ, G. G., & de Experimentación, L. Á. (2010), que los más utilizados en cabezales de riego pueden ser el hidrociclón para separar partículas gruesas como las arenas, filtro de arena para la eliminación de partículas de materia orgánica, los filtros de mallas y filtros de anillos. Dichos sistemas de filtrado son requeridos según sea el origen de la fuente de agua utilizada para abastecer el sistema de riego.

3.5. Aguas aprovechables para riego

Existen diversas fuentes de agua que pueden ser aprovechadas para distintos usos, las cuales manifiesta Orozco, J., & Solís, Y. (2017), “se dividen en tres tipos: superficiales (ríos, quebradas y embalses), subterráneas (pozos y punteras) y subsuperficiales (nacientes y manantiales).” (p.103). Sin embargo, hay una definición conocida como reúso de aguas residuales que, según Silva, J., Torres, P., & Madera, C. (2008), implica el uso del agua para una actividad diferente para la que fue originalmente, cuyo sector principal es el urbano para riego de jardines, campos de golf, canchas de atletismo y áreas residenciales.

Es posible reciclar las aguas residuales derivados de otros procesos para fines de riego, pero existen normas sanitarias que deben cumplirse previamente, ya que deben presentar ciertas características microbiológicas, las cuales se muestran en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Características microbiológicas para uso de aguas residuales en riego

Categoría y Condición de Reúso	Grupo Expuesto	Promedio de Una Serie de Muestras Durante el Período de Riego		Tratamiento Previsto para Alcanzar los Requerimientos de las Normas
		Helmintos Intestinales ¹ Número de Huevos/L (Media Aritmética)	Coliformes Fecales NMP/100mL (Media Geométrica)	
Categoría A Riego No Restringido: Cultivos que se consumen crudos: campos deportivos y parques públicos ² .	Trabajadores Consumidores Público	≤ 1	≤ 1,000	Lagunas de estabilización diseñadas para alcanzar la calidad microbiológica indicada, o un tratamiento equivalente.
Categoría B Riego Restringido: Cultivos de cereales, praderas, forrajeros y árboles ³ .	Trabajadores	≤ 1	Ninguna Norma Recomendada	Tiempo de retención hidráulica por 8 a 10 días en lagunas de estabilización, o su equivalente en remoción de huevos de helmintos.
Categoría C Riego Restringido: Cultivos de cereales, praderas, forrajeros y árboles sin exposición de trabajadores o público.	Ninguno	No se aplica	No se aplica	Pretratamiento según lo requiera la técnica de riego, no menos de sedimentación primaria.

1. Especies de *Ascaris*, *Trichuris*, y *Anquilostomas*.

2. Un límite más estricto de ≤ 200 NMP/100mL coliformes fecales es apropiado para áreas públicas donde el público tiene contacto directo con el cultivo.

3. En el caso de árboles frutales, el riego debe cesar dos semanas antes de la cosecha de los frutos y ningún fruto debe ser recogido del suelo. No es conveniente regar por aspersión.

Fuente: (Oakley, S. 2010)

Posteriormente, dichos límites deben corroborarse periódicamente en función de parámetros químicos o microbiológicos. Dicha frecuencia se muestra en la Figura 1.

PARÁMETRO	CAUDAL (m ³ /día)	
	≤ 100	> 100
Mediciones Rutinarias ⁽¹⁾ :	Mensual	Semanal
Caudal.		
pH.		
Sólidos Sedimentables.		
Temperatura.		
Análisis Periódicos:	Semestral	Trimestral
Caudal.		
Temperatura.		
pH.		
Sólidos Sedimentables.		
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO _{5,20}).		
Demanda Química de Oxígeno (DQO).		
Grasas y Aceites (GyA).		
Sólidos Suspendidos Totales (SST).		
Sustancias Activas al Azul de Metileno (SAAM).		
Coliformes fecales (CF) (cuando proceda según reglamento).		
(1) No requieren ser practicados por un laboratorio habilitado. Sin embargo, deberán estar incluidos en la Bitácora de Manejo de Aguas Residuales y en el Reporte Operacional. La forma de medir y reportar el caudal se especificará en el Procedimiento para la Elaboración del Reporte Operacional.		

Figura 1. Frecuencia mínima de muestreo y análisis para aguas residuales tipo ordinario

Fuente: (PGR, 2007)

Los límites máximos que deben obtenerse en los muestreos son definidos en el Decreto N° 33601 Reglamento de vertido y Reúso de aguas residuales, en las tablas 4, 5 y 6 presentes en el Anexo 9.1 y 9.2.

3.6. Generación de electricidad a partir de energías renovables

Las energías renovables ha sido una de las medidas que han tomado distintas entidades internacionales como medida para combatir el calentamiento global, manifiesta Merino, L. (2007), que el sol es el creador de todas las fuentes de energía renovables, ya que el calor genera cambios de presión produciendo vientos para la energía eólica, el sol ordena el ciclo del agua, procede del sol la energía hidráulica, las plantas realizan fotosíntesis mediante la radiación del sol, además de que se puede aprovechar la energía solar para la energía térmica y fotovoltaica.

Las celdas fotovoltaicas o paneles solares funcionan mediante el efecto fotovoltaico, el cual manifiesta Soto, I. (2005), que resulta del proceso de convertir la luz en energía eléctrica, propiedad de los elementos semiconductores ya que su conductividad puede ser cambiada, además de generar corriente eléctrica con cargas positivas, negativas o ambas.

Sin embargo, una de las implicaciones que tiene la instalación de paneles solares es la viabilidad, ya que la recuperación de la inversión es a largo plazo, además de que se deben tomar en cuenta el lugar de instalación, radiación del lugar, escala de uso, cantidad, entre otros aspectos. Como manifiesta Rojas, L. (2016), un estudio realizado para sustituir el alumbrado público tradicional por uno alimentado mediante energía solar en un complejo hotelero, este obtuvo periodos de recuperación de la inversión inicial a mediados del segundo año de inversión para una propuesta y a inicios del año seis para otra, tiempos que son relativamente cortos.

IV. METODOLOGÍA

4. Materiales y métodos para el diseño

4.1. Inspección del lugar

El levantamiento topográfico del área se realizó mediante el uso de una estación total, con la que se tomaron las coordenadas de los límites del parque, así como cada uno de los árboles y arbustos de cada área verde dentro del parque. Se contabilizó cada poste de alumbrado público, el tipo de lámpara utilizada y demanda eléctrica que poseen. También, se recibieron los planos estructurales, distribución de las áreas destinadas a riego, ubicación del tanque receptor de aguas residuales tratadas del parque y características del sistema de bombeo adquirido por parte de la Municipalidad de El Guarco.

4.2. Propiedades físicas del suelo

Las propiedades físicas del suelo se determinaron mediante la toma de muestras en el lugar de estudio para determinar: textura, peso específico aparente, capacidad de campo y punto de marchitez, características esenciales para llevar a cabo un diseño de riego.

La textura de suelo se determinó mediante el hidrómetro de Bouyoucos, el cual consistió en tomar lecturas de temperatura con densidad a los 40 segundos y a las dos horas, posteriormente se corrigieron las lecturas de densidad mediante la ecuación 1 y 2 respectivamente.

$$L_c = L_h + (T_t - 19,4) * 0,34 \dots\dots (1)$$

Donde:

Lc: Lectura del hidrómetro corregida en g/cm³

Lh: Lectura del hidrómetro en g/cm³

Tt: Temperatura del termómetro en °C

Seguidamente, se determinaron los porcentajes de material en suspensión, arena, limo y arcillas en las muestras de suelo, mediante el uso de las ecuaciones 2, 3, 4 y 5.

$$\% \text{ Material en suspensión} = \frac{L_{C40s}}{P} \times 100 \dots\dots (2)$$

$$\% \text{ Arena} = 100 - \% \text{ material en suspensión} \dots\dots (3)$$

$$\% \text{ Arcilla} = \frac{Lc_{2h}}{P} \times 100 \dots\dots (4)$$

$$\% \text{ Limo} = 100 - (\% \text{ Arena} + \% \text{ Arcilla}) \dots\dots (5)$$

Donde:

Lc_{40s} : Lectura corregida del hidrómetro a los 40 s en g/cm^3

Lc_{2h} : Lectura corregida del hidrómetro a los 2 h en g/cm^3

P: peso de la muestra en g

Una vez determinados los porcentajes de cada uno de los componentes minerales del suelo, se procedió a clasificar la textura del suelo mediante el triángulo textural (ver anexo 9.4).

El peso específico aparente del suelo se calculó mediante el procedimiento del cilindro muestreador, el cual es de un volumen conocido para posteriormente utilizar la ecuación 6.

$$\rho_{ap} = \frac{M_{ss}}{V_c} \dots\dots (6)$$

Donde:

ρ_{ap} : Peso específico aparente en g

V_c : Volumen del cilindro en cm^3

La capacidad de campo y el punto de marchitez permanente se determinaron mediante el método de ollas de presión. Los cilindros con muestras se saturan previamente para luego ser introducidos en las ollas a 0,33 y 15 atm respectivamente por 24 horas, posteriormente se pesaron las muestras. Seguidamente se pusieron a secar otras 24 horas y se pesaron nuevamente para obtener el contenido de humedad gravimétrica mediante la ecuación 7.

$$\%Hg = \left(\frac{M_{sh} - M_{ss}}{M_{ss}} \right) * 100 \dots\dots (7)$$

Donde:

%Hg: Humedad gravimétrica en porcentaje

M_{ss}: Masa de suelo seco en g

M_{sh}: Masa de suelo húmedo en g

La velocidad de infiltración se determinó mediante el procedimiento de infiltrómetro minidisk, el cual mediante se toma lecturas de lámina infiltrada contra tiempo se determina la ecuación de infiltración instantánea (Ii) a través del modelo de Kostiakov como se muestra en la ecuación 8.

$$Ii = a \times t^b \dots\dots (8)$$

Donde:

Ii: Infiltración instantánea en mm/h

a: Coeficiente que representa la velocidad de infiltración cuando t=1

t: Tiempo al cual se quiere determinar la infiltración en h

b: Exponente cuyo valor es siempre negativo y varía entre 0 y -1

Posteriormente se determinó la infiltración básica mediante la ecuación 9

$$Ib = a(-10b)^b \dots\dots (9)$$

Donde:

I_b: Infiltración base en mm/h

a: Coeficiente que representa la velocidad de infiltración cuando t=1

b: Exponente cuyo valor es siempre negativo y varía entre 0 y -1

4.3. Fuente de agua

El parque cuenta con un tanque de almacenamiento de aguas residuales provenientes del Edificio Municipal, las cuales se encuentran tratadas y estarán a disposición para el sistema de riego, cuyo caudal fue calculado por la empresa a cargo del proyecto.

4.4. Condiciones climáticas

Las variables climatológicas como velocidad del viento, radiación, temperaturas y evapotranspiración se determinaron mediante el uso de la estación meteorológica del Tecnológico de Costa Rica pertinente al Instituto Meteorológico Nacional.

4.5. Diseño Agronómico

El diseño agronómico consistió en determinar las necesidades hídricas de los cultivos, lámina aplicadas, tiempos y frecuencias de riego y ubicación de la tubería principal, múltiples y laterales.

4.5.1. Riego por goteo

El sistema de riego por goteo se utilizará para regar las áreas verdes del parque, así como los distintos árboles y arbustos.

La lámina neta se calculó mediante la ecuación 10.

$$Ln = \left(\frac{CC - PMP}{100} \right) * \rho_e * prof * Ag * PAR \dots\dots (10)$$

Donde:

Ln: Lámina neta en mm

CC: Capacidad de campo en %

PMP: Punto de marchitez permanente en %

ρ_e : Peso específico relativo al suelo

Prof: Profundidad de raíces en mm

Ag: Agotamiento permisible en %

El porcentaje de área bajo riego (PAR) se determinó mediante el Cuadro 2 para una línea de goteros.

Cuadro 2. Porcentaje de área bajo riego para goteo

Espaciamiento entre Laterales [m]	Descarga del gotero ['lt/h]														
	Menos de 1.5			2			4			8			Más de 10		
	Textura del Suelo °)														
	G	M	F	G	M	F	G	M	F	G	M	F	G	M	F
	Espaciamiento de los goteros sobre el lateral de [m]														
	0.2	0.5	0.9	0.3	0.7	1.0	0.6	1.0	1.3	1.0	1.3	1.7	1.3	1.6	2.0
Porcentaje del área bajo riego (estimado) [%]															
0.8	38	88	100	50	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
1.0	33	70	100	40	80	100	80	100	100	100	100	100	100	100	100
1.2	25	58	92	33	67	100	67	100	100	100	100	100	100	100	100
1.5	20	47	73	26	53	80	53	80	100	80	100	100	100	100	100
2.0	15	35	55	20	40	60	40	60	80	60	80	100	80	100	100
2.5	12	28	44	16	32	48	32	48	64	48	64	80	64	80	100
3.0	10	23	37	13	26	40	26	40	53	40	53	67	53	67	80
3.5	9	20	31	11	23	34	23	34	46	34	46	57	46	57	68
4.0	8	18	28	10	20	30	20	30	40	30	40	50	40	50	60
4.5	7	16	24	9	18	26	18	26	36	26	36	44	36	44	53
5.0	6	14	22	8	16	24	16	24	32	24	32	40	32	40	48
6.0	5	12	20	7	14	20	14	20	27	20	27	34	27	34	40

°) G = Textura Gruesa, Arenosa
M = Textura Mediana, Franca
F = Textura Fina, Arcillosa

Keller I. & Karmeli D. 1975 – Trickle Irrigation Design.
Rain Bird Sprinkler Manufacturing Co., California, USA

La frecuencia de riego se determinó mediante la ecuación 11

$$Fr = \frac{Ln}{ETR_g} \dots\dots (11)$$

Donde:

Fr: Frecuencia de riego en días

Ln: lámina neta en mm

ETR_g: Evapotranspiración real para goteo en mm/día

Dicho valor debió ser redondeado al número inferior por razones de comodidad al momento de realizar los riegos respectivos y de esta manera se recalculó el valor de lámina neta despejándola de la ecuación 11.

La evapotranspiración real para goteo se determinó mediante la ecuación 12

$$ETR_g = ETR * K1 \dots\dots (12)$$

Donde:

ETRg: Evapotranspiración real para goteo en mm/día

ETR: Evapotranspiración real en mm/día

K1: Coeficiente de localización

La evapotranspiración real se determinó mediante la ecuación 13

$$ETR = ETo * Kj \dots\dots (13)$$

Donde:

ETR: Evapotranspiración real en mm/día

ETo: Evapotranspiración potencial en mm/día

Kj: Coeficiente de cultivo

La evapotranspiración potencial se determinó mediante el método de Hargreaves como se muestra en la ecuación 14.

$$ETo = 0,0023 * Ra * (t_{max} - t_{min})^{0,5} * (t_m + 17,8) \dots\dots (14)$$

Donde:

ETo: Evapotranspiración potencial en mm/día

Ra: Radiación solar extraterrestre expresada en equivalente de agua en mm/día

$t_{max}-t_{min}$: Diferencia entre la media mensual de temperaturas máximas y la de mínimas en °C

t_m : Temperatura media del aire en °C

La radiación solar extraterrestre (Ra) se estima según el anexo 9.3.

El coeficiente de jardín se determina mediante la ecuación 15.

$$Kj = Ke * Kd * Km \dots\dots (15)$$

Donde:

Kj: Coeficiente de jardín

Ke: Coeficiente de especie (ver anexo 9.5)

Kd: Coeficiente de densidad (ver anexo 9.6)

Km: Coeficiente de microclima (ver anexo 9.7)

El coeficiente de localización se determinó mediante las ecuaciones 16, 17 y 18.

$$K1 = A + 0,5 * (1 - A) \dots\dots (16)$$

$$K1 = 1,34 * A \dots\dots (17)$$

$$K1 = 0,1 + A \dots\dots (18)$$

Donde:

K1: Coeficiente de localización

A: Relación entre el área sombreada con el área total en m²/m²

La lámina bruta se determinó mediante la ecuación 19

$$L_b = \frac{L_n}{CU*TR} \dots\dots (19)$$

Donde:

L_b: Lámina bruta en mm

L_n: Lámina neta en mm

CU: Coeficiente de uniformidad

TR: Relación de transpiración (ver anexo 9.9)

El coeficiente de uniformidad se determina en forma experimental cuando se haya realizado la instalación de las líneas de riego por goteo al realizar una evaluación del sistema, cuyos valores de CU deben ser superiores o iguales a 90% (ver anexo 9.10)

El tiempo de riego se determinó mediante la ecuación 20

$$Tr = \frac{L_b * E_p * E_h}{1000 * n * q_g} \dots\dots (20)$$

Donde:

Tr: Tiempo de riego en h

Lb: Lámina bruta en mm

E_p: Espaciamiento entre plantas en m

E_h: Espaciamiento entre hileras en m

n: Número de goteros en área de cultivo

q_g: Caudal del gotero en m³/h

El número de operaciones que se puede dividir el área se obtuvo mediante la ecuación 21

$$N \leq \frac{Fr * H}{Tr} \dots\dots (21)$$

Donde:

N: Número de operaciones que se puede dividir el área

Fr: Frecuencia o ciclo de riego en días

H: Tiempo disponibles para regar el campo en h

T_r: Tiempo de riego en h

El caudal del sistema se determinó mediante la ecuación 22

$$Q_s = \frac{10 * A * L_b}{N * T_r} \dots\dots (22)$$

Donde:

Q_s: Caudal del sistema en m³/h

A: Área del terreno en ha

L_b : Lámina bruta en mm

N : Número de operaciones que se puede dividir el área

T_r : Tiempo de riego en h

4.6. Diseño hidráulico

El diseño hidráulico consistió en determinar los diámetros internos de tubería a utilizar en laterales, múltiples y principal. Así como presión de entrada, al final del lateral, carga dinámica total y equipo de bombeo.

4.6.1. Riego por goteo

El diámetro interno de los laterales son valores preestablecidos por los fabricantes de cintas de goteo, para este caso se utilizaron goteros auto compensados.

El diámetro interno de la múltiple se calculó mediante el uso de la ecuación 23.

$$D = \left(\frac{1,131 \cdot 10^9 \cdot Q^{1,852} \cdot L \cdot f}{h_{f_{ad}} \cdot C^{1,852}} \right)^{\frac{1}{4,872}} \dots\dots (23)$$

Donde:

D : Diámetro interno de la tubería en mm

Q : Caudal del lateral en m^3/h

L : Longitud del lateral en m

f : Factor de número de salidas en tuberías

$H_{f_{ad}}$: Perdidas admisibles teóricas en m

C : Coeficiente de material

Factor de salida

El coeficiente de factor de salidas en tuberías se determinó mediante el uso del Cuadro 3.

Cuadro 3. Coeficientes f para laterales de aluminio y plástico

N ^o Salidas	Plástico (1.760)			Aluminio (1.852)		
	F ₁ ^a	F ₂ ^b	F ₃ ^c	F ₁ ^a	F ₂ ^b	F ₃ ^c
5	0,469	0,337	0,410	0,457	0,321	0,396
10	0,415	0,350	0,384	0,402	0,336	0,371
12	0,406	0,352	0,381	0,393	0,338	0,367
15	0,398	0,355	0,377	0,385	0,341	0,363
20	0,389	0,357	0,373	0,376	0,343	0,360
25	0,384	0,358	0,371	0,371	0,345	0,358
30	0,381	0,359	0,370	0,368	0,346	0,357
40	0,376	0,360	0,368	0,363	0,347	0,355
50	0,374	0,361	0,367	0,361	0,348	0,354
100	0,369	0,362	0,366	0,356	0,349	0,352
200	0,366	0,363	0,365	0,353	0,350	0,352

- ² (a): Cuando la distancia desde la entrada del lateral a la primera salida es E_{asp} (m).
 (b): Cuando la primera salida está cerca de la entrada del lateral.
 (c): Cuando la distancia desde la entrada del lateral a la primera salida es E_{asp}/2 (m).

Las pérdidas admisibles teóricas se determinaron mediante la ecuación 24

$$Hf_{ad} = P_{max} - P_{min} \dots\dots (24)$$

Donde:

H_{f_{ad}}: Pérdidas admisibles teóricas en m

P_{max}: Presión máxima operativa del gotero en m

P_{min}: Presión mínima operativa del gotero en m

Dichas pérdidas admisibles deben ser repartidas para el lateral y la múltiple que conectarán los laterales en cada de los bloques de riego.

El diámetro obtenido de la ecuación 24 es teórico, por lo cual se escogió uno comercial en los distintos distribuidores, y de esta manera se recalcularon las pérdidas reales con el diámetro escogido mediante el método de Hazen-Williams como se muestra en la ecuación 25.

$$H_f = 1,131 * 10^9 * \left(\frac{Q}{C}\right)^{1,852} * D^{-4,872} * L * f \dots\dots (25)$$

Donde:

H_f: Perdidas por fricción reales en m

Q: Caudal del lateral en m³/h

C: Coeficiente de material

D: Diámetro interno comercial de la tubería en mm

L: Longitud del lateral en m

f: Factor de número de salidas en tuberías

Seguidamente se procedió a calcular las presiones del sistema, donde la presión de distal se asumió como la presión mínima operativa del gotero.

La presión de entrada se determinó mediante la ecuación 26

$$P_e = P_d + hf_{lat} + \Delta z_{lat} \dots\dots (26)$$

Donde:

P_e: Presión de entrada en m

P_d: Presión distal en m

H_{f_{lat}}: Perdida por fricción del lateral en m

ΔZ_{lat}: Diferencia de altura del lateral en m

La presión en la válvula se determinó mediante la ecuación 27

$$P_v = P_e + hf_{mul} + \Delta z_{mul} \dots\dots (27)$$

Donde:

P_v: Presión en la válvula en m

P_e: Presión de entrada en m

H_{f_{mul}}: Perdida por fricción de la múltiple en m

ΔZ_{mul}: Diferencia de altura de la múltiple en m

Después se corroboró que el sistema se encontrara bien diseñado, donde el primer y último gotero debe encontrarse entre el rango operativo máximo y mínimo establecido por el fabricante.

4.7. Diámetro de la tubería principal

El diámetro de la tubería principal se determinó mediante el método de velocidad permisible, donde se asume un valor de velocidad entre 1,50 a 3,00 m/s y se utiliza la ecuación 28 para determinar el diámetro teórico.

$$D = \sqrt{\frac{Q}{900 * V * \pi}} * 1000 \dots\dots (28)$$

Donde:

D: Diámetro interno de la tubería en mm

Q: Caudal de la tubería principal en m³/h

V: velocidad del fluido en m/s

El diámetro obtenido de la ecuación 29 es teórico, por lo cual se escogió uno comercial en los distintos distribuidores, seguidamente se verificó que la velocidad de flujo fuera superior a 1,5 m/s para evitar sedimentación y no supere los 3,0 m/s para prevenir riesgos de golpe de ariete, mediante el uso de la ecuación 29.

$$V = \frac{Q}{\frac{\pi}{4} * D^2} \dots\dots (29)$$

Donde:

V: Velocidad de flujo de la tubería principal en m/s

Q: Caudal de la tubería principal en m³/s

D: Diámetro interno de la tubería principal en m

Después, se recalcularon las pérdidas reales con el diámetro escogido mediante el método de Hazen-Williams como se muestra en la ecuación 30.

$$Hf = 1,131 * 10^9 * \left(\frac{Q}{C}\right)^{1,852} * D^{-4,872} * L \dots\dots (30)$$

Donde:

Hf: Perdidas por fricción reales en m

Q: Caudal del lateral en m³/h

C: Coeficiente de material

D: Diámetro interno comercial de la tubería en mm

L: Longitud del lateral en m

f: Factor de número de salidas en tuberías

4.8. Carga dinámica total

La carga dinámica total requerida para suplir los requerimientos de presión a los emisores se determinó mediante la ecuación 31.

$$CDT = P_{mult} + hf_{prin} + \Delta h + hf_2 \dots\dots (31)$$

Donde:

CDT: Carga dinámica total en m

P_{mult}: Presión de la múltiple en m

hf_{prin}: Perdidas por fricción en la tubería principal en m

Δh: Diferencia de altura entre el emisor más alejado y el espejo de agua en m

hf₂: Perdidas por fricción debida al accesorio en m

Las pérdidas secundarias se calcularon mediante la ecuación 32.

$$hf_2 = 0,05 * (Pm + hf_{prin}) \dots\dots (32)$$

Donde:

hf₂: Pérdidas por fricción debida al accesorio en m

P_m: Presión de la múltiple en m

hf_{prin}: Pérdidas por fricción de la tubería principal en m

4.9. Análisis financiero

El análisis financiero consistió en determinar costos de inversión, viabilidad económica mediante indicadores como VAN, TIR y periodo de recuperación.

4.9.1. Costos del sistema de riego

El análisis financiero del sistema de riego se basó en determinar el valor final de la obra el cual contempla el precio de los materiales.

4.9.2. Estudio de factibilidad de luminarias solares

El estudio de factibilidad consistió en sustituir un porcentaje de las luminarias actuales por postes con luminarias solares que brinden la misma cantidad de lúmenes a las que están siendo sustituidas.

El flujo de caja se realizó para determinar la viabilidad económica, así como el periodo de recuperación de la inversión de la propuesta.

La naturaleza del proyecto no permite tener ingresos, por lo que el flujo de caja se orientó al dinero ahorrado mediante la ecuación 33.

$$D_{ah} = Ca_{sm} - Ca_m \dots\dots (33)$$

Donde:

D_{ah}: Dinero ahorrado en electricidad por año en colones

Ca_{sm}: Costo anual de electricidad por año sin modificaciones en colones

Ca_m: Costo anual de electricidad por año con modificaciones en colones

4.10. Análisis ambiental

El análisis ambiental se realizó por etapas, debido a que primero se procedió a categorizar el proyecto con 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: Agricultura, ganadería, caza y silvicultura, División: Agricultura, ganadería, caza y actividades de servicios conexos, y Descripción de la actividad: Proyectos de Riego de terrenos, cuando no forme parte integral de un proyecto. (Anexo 9.11) y en base al área a irrigar se categorizó el proyecto en A, B1, B2, o C.

Después, una vez que se determinó la categoría del proyecto, se procedió al llenado de la documentación correspondiente (Formulario de Setena D1 o D2) y en caso de ser necesario realizar un Estudio de Impacto Ambiental, Plan de Gestión ambiental o una Declaración Jurada de Compromisos ambientales.

4.11. Análisis social

El análisis social se realizó mediante la aplicación de una encuesta a distintas personas de edades variadas con el fin de conocer la magnitud de conciencia ambiental, así como la reacción de la población ante el desarrollo de proyectos que buscan construir en forma paulatina ciudades amigables con el medio ambiente.

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5. Resultados y discusión

5.1. Inpección del lugar

El área del parque de El Tejar se divide en 20 subáreas (Ver Figura 2), se encuentran alrededor de 100 plantas (árboles y arbustos) distribuidos de manera variada en todo el parque, también existen 49 postes de alumbrado público con un total de 81 luminarias que contienen bombillos tipo halógenos los cuales tienen potencias de 70, 150 y 250 Watts. El tanque que recibe las aguas recicladas se ubica en la esquina Noroeste del parque frente al edificio Municipal, el cual posee una capacidad de almacenamiento de 9 m³ y recibe un volumen diario máximo de 6 m³. El equipo de bombeo adquirido e instalado por la Municipalidad del Guarco sobre el tanque receptor es una bomba sumergible FRANKLYN ELECTRIC 45FA2SA que ofrece 10,2 m³/h con 46 m.c.a de presión (Ver anexo 9.12)

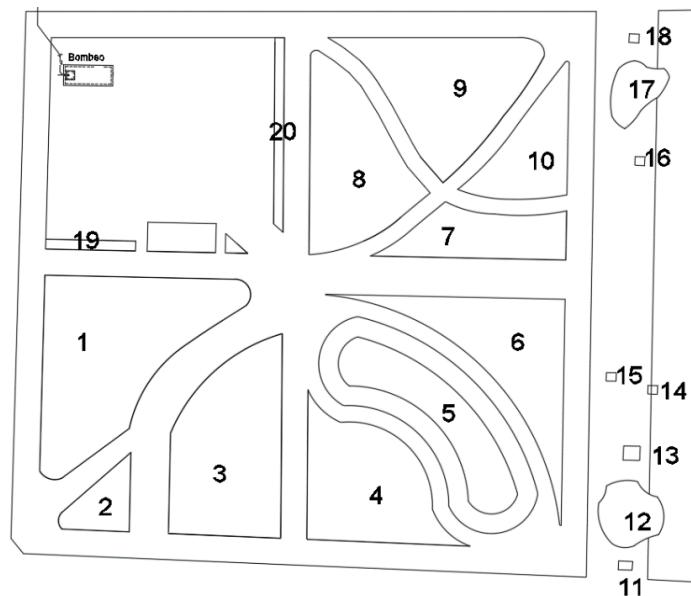


Figura 2. Sub áreas del parque de El Tejar de El Guarco

5.2. Propiedades físicas del suelo

El parque de El Tejar ha sufrido diversas modificaciones a través del tiempo, por lo que se decidió realizar un muestreo para determinar la textura de cada una de las áreas destinadas para riego, determinándose 4 tipos de suelos distintos, los cuales son: franco, franco arenoso, franco

arcillo arenoso y franco arcilloso. Seguidamente para cada uno de los tipos de suelo se determinaron las características físicas del suelo como se muestra en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Características físicas de las subdivisiones del parque de El Tejar

Lote	Textura	CC %	PMP %	P_{ap} g/cm³	Infiltración mm/h	Pendiente %
1	Franco arenoso	18,88	14,40	1,07	93,38	0
2	Franco	32,31	25,59	1,08	100,57	0
3	Franco arcillo arenoso	41,24	34,30	0,9	223,71	0
4	Franco arcilloso	41,09	28,10	1,13	59,82	0
5	Franco arcillo arenoso	41,24	34,30	0,9	223,71	0
6	Franco	32,31	25,59	1,08	100,57	0
7	Franco	32,31	25,59	1,08	100,57	0
8	Franco arcillo arenoso	41,24	34,30	0,9	223,71	0
9	Franco arenoso	18,88	14,40	1,07	93,38	0
10	Franco	32,31	25,59	1,08	100,57	0
11	Franco arenoso	18,88	14,40	1,07	93,38	0
12	Franco arcillo arenoso	41,24	34,30	0,9	223,71	10
13	Franco arcillo arenoso	41,24	34,30	0,9	223,71	0
14	Franco arenoso	18,88	14,40	1,07	93,38	0
15	Franco arenoso	18,88	14,40	1,07	93,38	0
16	Franco arenoso	18,88	14,40	1,07	93,38	0
17	Franco arenoso	18,88	14,40	1,07	93,38	10
18	Franco arenoso	18,88	14,40	1,07	93,38	0
19	Franco arcillo arenoso	41,24	34,30	0,9	223,71	0
20	Franco arcillo arenoso	41,24	34,30	0,9	223,71	0

Cabe destacar que los valores obtenidos de características no concuerdan con los de la literatura, debido a que este parque ha sido rellenado con suelo ajeno al original, lo cual alteró sus propiedades físicas.

La estación meteorológica utilizada fue la que se encuentra ubicada en el Instituto Tecnológico de Costa Rica (Latitud: 09°51'08'' N, Longitud: 83°54'31''O), ya que era la más cercana al área de estudio, con la cual se determinó la Evapotranspiración Potencial cuyo valor fue de 3,99 mm/día.

5.3. Diseño agronómico

El sistema de riego que se diseñó para el parque de El Tejar fue mediante goteros auto compensados, debido a que las áreas que se deben regar son irregulares y este tipo de goteros mejora la uniformidad al momento de aplicar las láminas de riego. Al existir plantaciones mixtas (pasto, arbustos y árboles) se utilizó el cultivo de mayor profundidad radical y aquel que demandara mayor consumo hídrico, por lo que se estableció una profundidad de raíz de 0,5 m, un coeficiente de jardín de 1, un agotamiento del 40%, la mayor parte del cultivo que se regará es pasto por lo que se asumió un PAR del 100% con espaciamientos entre laterales y goteros de 0,8 m y 0,7 m específicamente en función del Cuadro 2, se escogió un gotero de 2 l/h debido a los valores elevados de infiltración y para texturas medias.

En el Cuadro 5 se muestran los valores de láminas, tiempos y frecuencias de riego para cada uno de los tipos de suelos encontrados en el parque.

Debido a que cada uno de los tipos de suelos tienen características físicas distintas, van a requerir diferentes láminas y frecuencias de riego, sin embargo para facilitar las operaciones de irrigación dentro de todo el parque, se utilizó como referencia aquel tipo de suelo con menor frecuencia de riego, en este caso para 2 días, con lo cual se unificarían las láminas, frecuencias y tiempos de riego para todas las áreas, siendo el agotamiento el que varió, tal y como se muestra en el Cuadro 6.

Cuadro 5. Lámina neta y frecuencia de riego para los tipos de suelos

Textura	Franco arcilloso	Franco	Franco arenoso	Franco arcillo arenoso
Lámina neta (mm)	10,22	14,52	9,59	29,36
Frecuencia de riego (días)	2,54	3,64	2,40	7,36
Agotamiento (%)	40	40	40	40

Cuadro 6. Láminas, frecuencias y tiempos unificados

Textura	Franco arcilloso	Franco	Franco arenoso	Franco arcillo arenoso
Lámina neta (mm)	7,98	7,98	7,98	7,98
Frecuencia de riego (días)	2	2	2	2
Lámina bruta (mm)	9,33	9,33	9,33	9,33
Tiempo de riego (horas)	2,24	2,24	2,24	2,24
Agotamiento (%)	31	22	33	11

Seguidamente, se asignó una distribución de las tuberías en el terreno (ver Figura 3), lo cual permitió conocer la cantidad de goteros y el caudal requerido por cada una de las áreas para el tiempo de riego establecido.

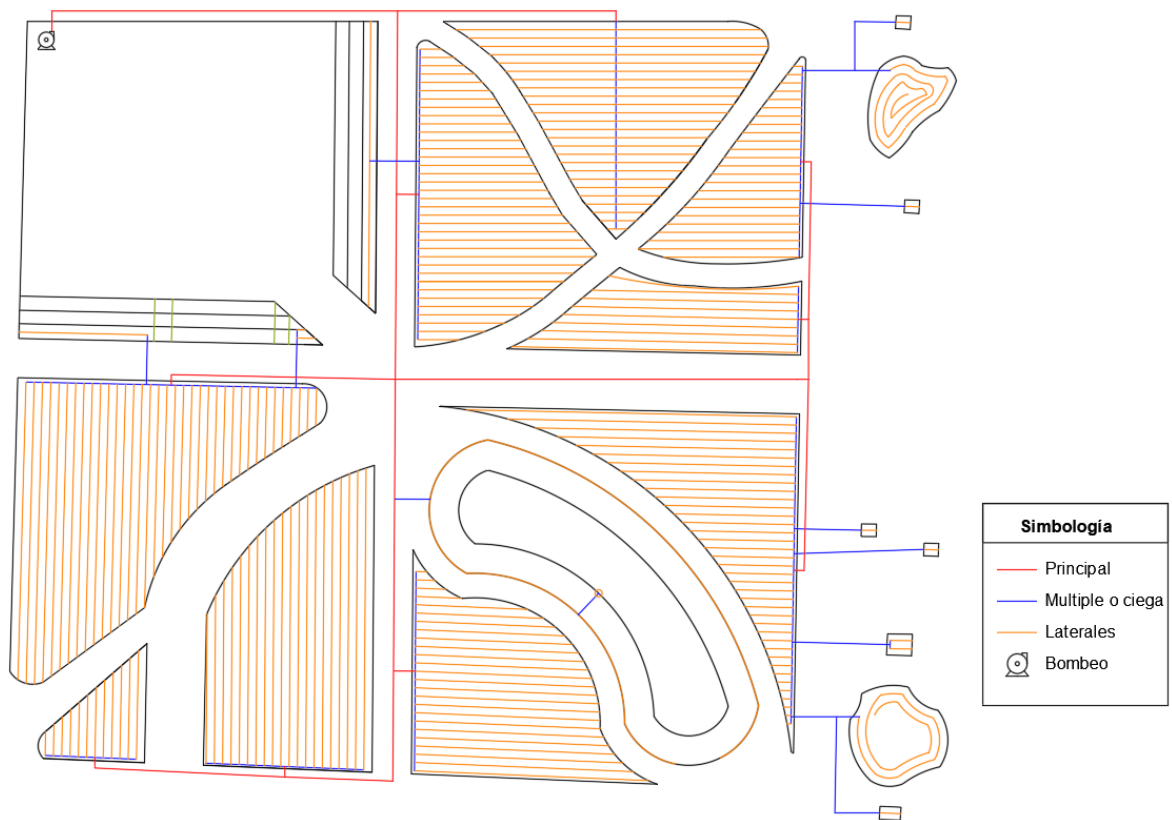


Figura 3. Distribución de tubería en el terreno

El Cuadro 7 muestra la longitud de los laterales de cada área, así como el caudal requerido por cada una.

Cuadro 7. Caudal requerido por cada lote

Lote	Longitud de laterales (m)	Cantidad de goteros	Caudal requerido (m ³ /h)
1	604,68	1008	2,01
2	76,55	128	0,25
3	474,83	971	1,59
4	368,03	613	1,23
5	94,01	157	0,31
6	361,39	602	1,20
7	205,35	342	0,68
8	376,31	627	1,25
9	411,37	686	1,38
10	192,95	322	0,63
11	2,02	303	0,01
12	46,46	355	0,15
13	4,24	338	0,01
14	1,41	317	0,004
15	1,45	298	0,004
16	1,43	281	0,004
17	49,71	345	0,17
18	1,43	330	0,004
19	14,98	338	0,05
20	27,53	369	0,09
Total			11,04

El caudal requerido para regar todas las áreas en forma simultánea es de 11,04 m³/h. Sin embargo, el caudal disponible es de 2,68 m³/h para el tiempo de riego de 2,24 h, lo cual indica que con el volumen de agua actual no se puede regar la totalidad del parque.

El número de secciones en las cuales se podría dividir el área a regar son 5, dando como resultado un caudal requerido de 2,21 m³/h el cual es menor al disponible (2,68 m³/h). Sin embargo, la frecuencia de riego de 2 días permite realizar las labores de riego solo en 2 secciones, por lo que se decidió clasificar los turnos de riego de la siguiente manera como se muestra en el Cuadro 8.

Cuadro 8. Caudal requerido por lo lotes a regar

Día de riego	Lote	Área (m²)	Caudal requerido (m³/h)
1	7	156,88	0,68
1	8	310,51	1,25
1	10	157,91	0,63
1	20	37,65	0,09
Total		662,95	2,66
2	6	296,21	1,20
2	9	340,89	1,38
2	19	26,33	0,05
Total		663,43	2,63

La distribución de tuberías en el terreno se trazó como se observa en la Figura 4

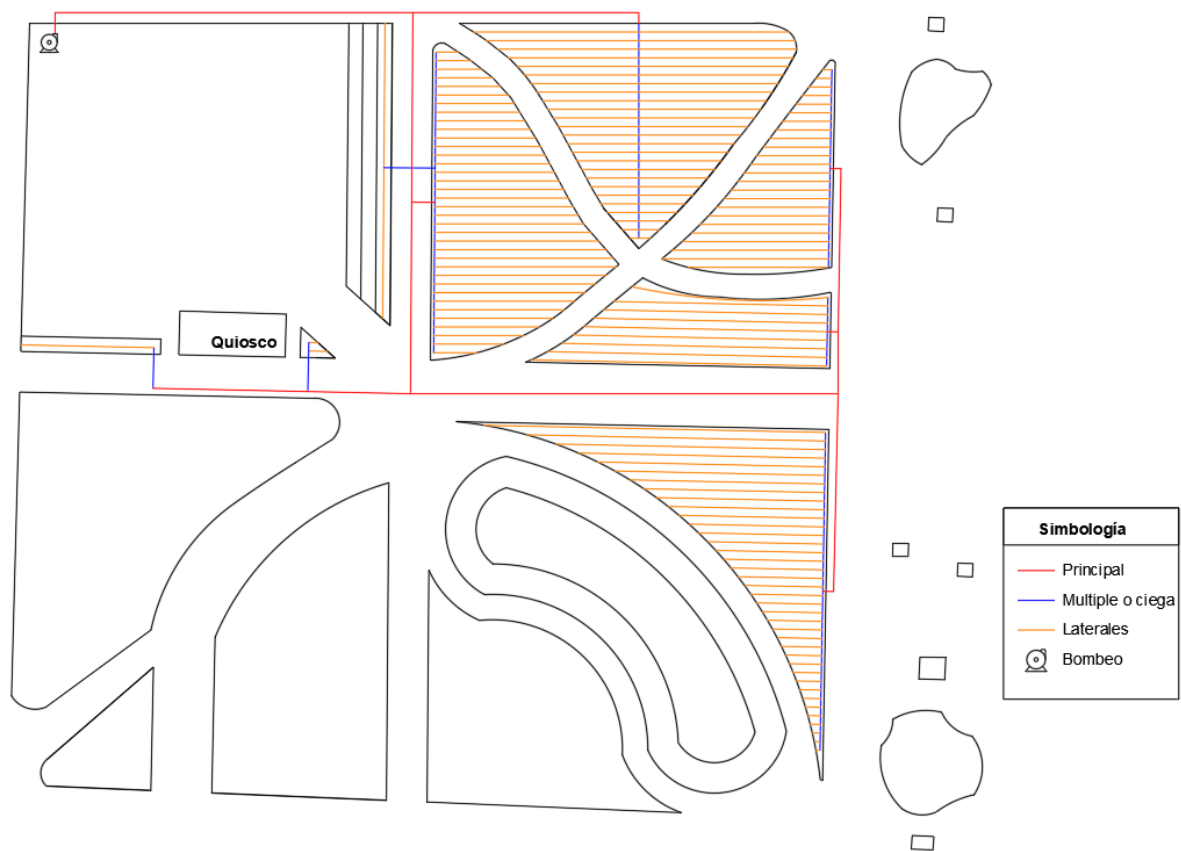


Figura 4. Distribución de tuberías en el terreno

5.4. Diseño hidráulico

Los laterales utilizados son goteros UNIRAM HCNL (Ver Anexo 9.15) espaciados cada 0,6 m que poseen un diámetro nominal de 16 mm, tiene un rango de compensación de 15 a 25 m y poseen una descarga de 2 L/h.

El gotero más crítico se encontró en el lote 6, con el cual se determinaron las pérdidas generadas por fricción generadas por el lateral como se muestra en el Cuadro 9.

Cuadro 9. Perdidas por fricción en el lateral

Caudal del lat (m³/h)	0,106
Longitud del lat (m)	31,78
F₅₃	0,367
C	140
Diámetro interno lat (mm)	14
Hf lat (m)	0,057

Seguidamente se procedió a determinar el diámetro adecuado para la múltiple. Dichos resultados se muestran en el Cuadro 10.

Cuadro 10. Selección de diámetro de la múltiple y perdidas por fricción

Caudal mul (m³/h)	0,91
Longitud de la mul (m)	14,80
F₁₉	0,374
C	140
Hf ad (m)	24,94
Diámetro teórico (mm)	9,56
Diámetro comercial (mm)	29,4
Hf mult (m)	0,04

El diámetro comercial escogido fue el de 32 mm (diámetro nominal), debido a que los acoples para los goteros en las múltiples de Polietileno requieren cuando mínimo este diámetro para quedar bien adheridas y evitar fugas.

La presión distal, en la entrada del lateral y en la entrada de la múltiple para el lote más crítico se muestran en el Cuadro 11.

Cuadro 11. Presiones del lote 6

Presión distal (m)	15,00
Presión de entrada (m)	15,06
Presión en la válvula (m)	15,10

El diámetro adecuado para la tubería principal se calculó por tramos debido a que esta recibe aportes de caudal de las otras áreas que son regadas de forma simultánea, tal y como se muestra en el Cuadro 12.

Cuadro 12. Velocidades y pérdidas por fricción en tubería principal (primer turno de riego)

Tramo	1	2	3
Caudal (m³/h)	1,20	1,25	2,63
Velocidad permisible (m/s)	2,50	2,50	2,50
Diámetro teórico (mm)	13,03	13,3	19,29
Diámetro comercial (mm)	29,4	29,4	29,4
Longitud tramo (m)	59,22	35,51	35,28
C	140	140	140
Velocidad real (m/s)	0,49	0,51	1,08
Hf prin (m)	0,70	0,45	1,78

Debido a que los diámetros obtenidos en los distintos tramos son menores que el diámetro de la múltiple, por reglas de diseño se conservó el mismo diámetro que la múltiple en toda la tubería principal.

Seguidamente se realizó el mismo procedimiento para determinar si existe variación en diámetro de la tubería principal para los lotes que será regados en el siguiente turno de riego, dichos resultados se muestran en el Cuadro 13.

Cuadro 13. Velocidades y pérdidas por fricción en tubería principal (segundo turno de riego)

Tramo	1	2	3
Caudal (m³/h)	0,63	1,31	2,65
Velocidad permisible (m/s)	2,50	2,50	2,50
Diámetro teórico (mm)	9,44	13,61	19,36
Diámetro comercial (mm)	29,4	29,4	29,4
Longitud tramo (m)	16,20	63,40	52,95
C	140	140	140
Velocidad real (m/s)	0,26	0,54	1,08
Hf prin (m)	0,06	0,88	2,71

Los diámetros obtenidos para la tubería principal de riego fueron iguales para todos los turnos. Sin embargo, las pérdidas por fricción generadas por los tramos en la tubería principal del segundo turno de riego son mayores que los del primer turno (donde se encuentra el gotero más alejado), por lo cual, si se utiliza la carga dinámica total del primer turno de la tubería principal, los goteros del segundo turno estarán por debajo del rango de trabajo de los goteros, dicha comparación se muestra con respecto a la carga dinámica total en el Cuadro 14.

Cuadro 14. Carga dinámica total

Primer turno		Segundo turno	
Presión en la válvula (m)	15,10	Presión en la válvula (m)	15,10
Hf principal (m)	2,93	Hf principal (m)	3,65
Hf secundarias (m)	0,90	Hf secundarias (m)	0,94
Δz espejo de agua y goteros (m)	0,50	Δz espejo de agua y goteros (m)	0,50
Carga dinámica total (m)	19,43	Carga dinámica total (m)	20,18
Carga dinámica supuesta (m)	20,18	Carga dinámica supuesta (m)	19,43
Pv recalculada (m)	15,85	Pv recalculada (m)	14,34

Por lo cual se utilizó una carga dinámica total de 20,18 m con el fin de garantizar la presión mínima a todos los goteros bajos las condiciones requeridas por cada escenario de riego. La Municipalidad del Guarco ya cuenta con un equipo de bombeo, el cual está destinado para el sistema de riego. Sin embargo, el caudal que ofrece a la presión requerida por la carga dinámica total del sistema es mayor, por lo que se incluyó un retorno al tanque para brindar el caudal y la presión requerida por el sistema.

5.5. Análisis financiero

5.5.1. Costos del sistema de riego

El listado de materiales, así como el precio de cada uno de los productos utilizados y el total del costo del proyecto se muestran en el Cuadro 15.

Cuadro 15. Lista y precio de materiales del sistema de riego

Producto	Cantidad	Forma de venta	Costo unitario	Aporte
Goteros autocompensados UNIRAM HCNL	1.589,88 m	Rollos de 500 m	₡ 124.200	₡ 496.800
Conector inicial y empaque x cinta	163	unidades	₡ 157,24	₡ 25.630,12
Tapón final 32 mm	11	Unidades	₡ 898,17	₡ 9.879,87
Válvulas solenoides 1''	5	Unidades	₡ 17.323,17	₡ 86.615,85
Adap. macho inserción C/R 32mmx1''	12	Unidades	₡ 748,47	₡ 8.981,64
Caja cubre válvulas	5	Unidades	₡ 4.449,52	₡ 22.247,60
Controlador	1	Unidades	₡ 49.331,85	₡ 49.331,85
Rollo PE 32 mm	171,10 m	Rollos de 100 m	₡ 40.426	₡ 80.852
Te A/R 32x32x32 mm	11	Unidades	₡ 2.619,66	₡ 28.816,26
Codo 90° de inserción 32 mm	6	Unidades	₡ 2.058,30	₡ 12.349,80
Filtro de malla	1	Unidades	₡ 12.143,75	₡ 12.143,75
Socket 1x1	2	Unidades	₡ 616,22	₡ 1.232,44
Unión A/R de 32x32 mm	2	Unidades	₡ 1.309,83	₡ 2.619,66
Cable N° 10	536,8 m	Metro	₡ 580	₡ 311.460
Tubo eléctrico PVC 1/2''	135,6 m	Tubos de 3 m	₡ 1.796	₡ 82.616
Caja rectangular PVC 1/2'' Conduit	5	Unidades	₡ 402	₡ 2.010
Conector macho tipo A 1/2''	14	Unidades	₡ 204	₡ 2.856
Uniones 1/2''	41	Unidades	₡ 162	₡ 6.642
Curva 90° Conduit 1/2''	1	Unidades	₡ 700	₡ 700
Total				₡ 1.243.785

Además, es importante mencionar que se realizó una comparación de 3 posibles propuestas, con el fin de realizar una mejor elección en base al presupuesto que se tenga para el sistema de riego, dicho resultado se muestra en el cuadro 16.

Cuadro 16. Costos de propuestas en sistemas de riego

Propuesta	Costo	Ahorro
Automatización en caseta	₡ 1.243.785	-
Automatización en Quisco	₡ 1.136.603	₡ 107.182
Sin Automatizar	₡ 736.553	₡ 507.232

5.5.2. Estudio de factibilidad de instalación de lámparas solares.

La Municipalidad de El Guarco cuenta con medidores independientes para las distintas áreas que tienen consumo eléctrico. El medidor que se encuentra en el parque de El Tejar le pertenece a Jasec. Actualmente el parque cuenta con un total de 81 luminarias, donde 21 son de 70 W, 45 de 150 W y 15 de 250 W, pagándose mensualmente por el alumbrado del parque una tarifa de ₡102,00/KWh, el pago de los recibos eléctricos mensualmente del año 2018 se observa en el Cuadro 17.

Cuadro 17. Recibos eléctricos del parque de El Tejar del año 2018

Fecha	Costos Mensual	Fecha	Costos Mensual
ene-18	₡108.255	ago-18	₡139.560
feb-18	₡114.830	sep-18	₡122.507
mar-18	₡113.257	oct-18	₡143.027
abr-18	₡116.428	nov-18	₡135.908
may-18	₡114.751	dic-18	₡138.147
jun-18	₡127.558	Promedio	₡126.470
jul-18	₡143.414		

La propuesta del sistema eléctrico se comparó tomando como base el costo anual promedio actual del parque con el costo generado si el parque trabajara con 10 y 20 luminarias solares para un periodo de 25 años, ya que esta es la vida útil más extensa entre los productos utilizados para el proyecto, y con un 10% de tasa de interés.

El Cuadro 18 muestra los resultados de la inversión inicial, ahorro anual promedio, VAN, TIR y periodo de recuperación de la inversión para el escenario que cuenta con 20 o con 10 postes solares.

Cuadro 18. Estudio de factibilidad para sistema de postes solares.

Sustitución de 10 luminarias		Sustitución de 20 luminarias	
Inversión inicial	\$ 12.000,00	Inversión inicial	\$ 24.000,00
Ahorro anual	\$ 544,00	Ahorro anual	\$ 1.088,00
VAN	-\$ 15.493,00	VAN	-\$ 30.987,00
TIR	-∞	TIR	-∞
Periodo de recuperación	No se recupera	Periodo de recuperación	No se recupera

Es posible apreciar que para ambos escenarios ya sea con 20 o 10 postes solares la rentabilidad de las propuestas es negativa, por lo cual no es recomendable invertir en propuestas de este tipo.

5.6. Análisis ambiental

El Reglamento General sobre los procedimientos de Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) para la Categoría: Agricultura, ganadería, caza y silvicultura, División: Agricultura, ganadería, caza y actividades de servicios conexos, y Descripción de la actividad: Proyectos de Riego de terrenos, cuando no forme parte integral de un proyecto, para áreas menores o iguales a 150 ha como categoría B₂ (moderado-Bajo impacto ambiental), lo cual se debe proceder con el llenado

del Formulario D1 de SETENA, el cual presentó una calificación final según la Significancia del Impacto Ambiental (SIA) de 171. Se categorizó como B₂, teniendo como límite de puntuación igual a 300 del SIA, por lo cual se procede ante SETENA mediante una Declaración Jurada de Compromisos Ambientales.

La naturaleza del proyecto es de bajo impacto, debido a que no es posible aplicar riego a la totalidad del parque, lo cual implica poco movimiento de terreno por el zanjeo o alteración al paisaje debido a que todo el sistema de tuberías se diseñó para ser enterrado. Sin embargo, lo que más generará impacto será el ruido debido al zanjeo y el agua que se utilizará para el sistema, ya que estas son aguas residuales ordinarias.

5.7. Análisis Social

La encuesta realizada se dirigió a los habitantes del cantón de El Guarco en la provincia de Cartago, cuyo fin es fue determinar el nivel de conciencia y compromiso ambiental que tienen los habitantes con respecto del uso consiente del agua y tecnologías limpias para reducir la huella de carbono, así como costos.

Las primeras 6 preguntas se dirigieron con respecto al consumo de agua para fines de riego, donde en la Figura 5 se preguntó sobre la existencia de jardines o plantas en el hogar del encuestado.

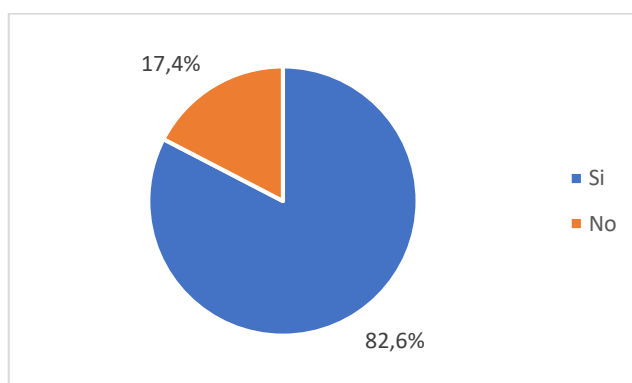


Figura 5. Presencia de jardines o plantas en los hogares

Es posible apreciar que la mayoría de los encuestados presentan plantas en el hogar, dicha pregunta fue complementaria a la siguiente, donde se les preguntó con qué tipo de agua suelen regar las plantas, dicho resultado se muestra en la Figura 6.

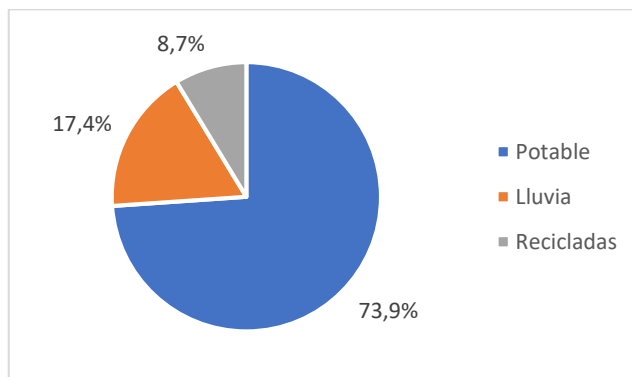


Figura 6. Tipo de agua más frecuente para regar

La mayor parte de los habitantes encuestados afirmaron utilizar agua potable lo cual resulta poco conveniente ya que es agua que ha sido tratada para consumo humano y tiene su costo. Sin embargo, el 17,4% utiliza el agua de lluvia ya sea captada o que esperan a que llueva para que las plantas reciban agua, y la minoría utiliza agua recicladas, principalmente grises.

La siguiente pregunta se realizó para determinar si los encuestados estarían dispuestos a utilizar aguas recicladas para regar sus plantas, los resultados se muestran en la Figura 7.

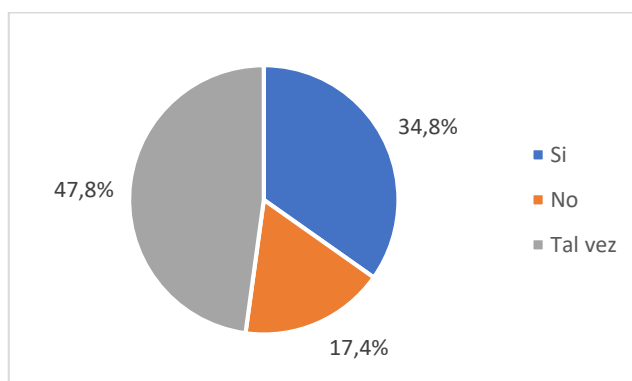


Figura 7. Utilizaría aguas recicladas para regar sus plantas

La 47,8% de los encuestados respondieron que tal vez, ya que cierto tipo de aguas sí utilizarían las grises pero las negras no, inclusive estando estas tratadas, el 17,4% respondió que no, debido a que existe una desinformación por parte de los habitantes que piensan que este tipo de aguas puede resultar perjudicial para las plantas (las grises) o incluso para la salud (las negras).

También se les preguntó sobre si conocían alguna forma de reutilizar agua que alguna vez fue potable, con el propósito de conocer si los habitantes le dan un uso más prolongado al agua que se consume diariamente, dicho resultado se muestra en la Figura 8.

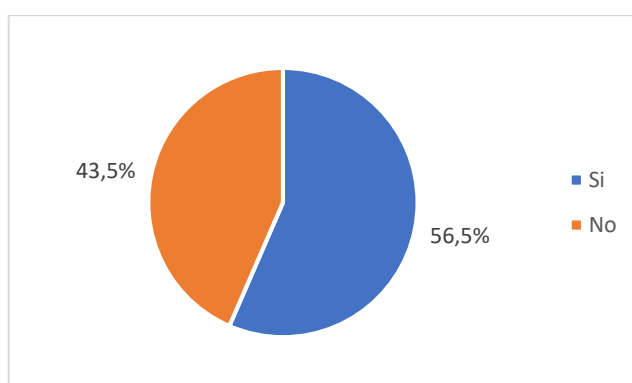


Figura 8. Conocimiento de formas de reutilizar agua que una vez fue potable

El 56,5% de los encuestados si les dan un uso más prolongado al agua que utilizan, entre la mayoría de los usos fue usar el agua sucia de la lavadora para regar plantas. Sin embargo, el restante 43,5% no saben cómo reutilizar el agua que utilizan, lo cual implica que existe un mayor consumo de agua potable que podría ser sustituida por aguas usadas previamente. Cabe destacar que a pesar de que la mayoría sabe cómo reutilizar, no es un porcentaje tan grande con respecto a la minoría.

En complemento de la pregunta anterior fue si los encuestados consideraría importante que la Municipalidad de El Guarco brinde información a los habitantes de cómo reutilizar agua que una vez fue potable como las bio-jardineras o formas para reducir el consumo de agua potable como la cosecha de agua, dicho resultado se muestra en la Figura 9.

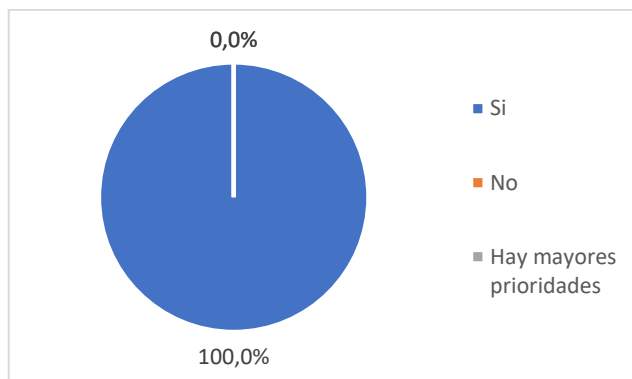


Figura 9. Información brindada por la Municipalidad para reducir el consumo de agua potable

El 100% de los encuestados consideran que resultaría importante que la Municipalidad brinde información de este tipo, ya que en base a las preguntas anteriores se demostró que un porcentaje relativamente alto desconocen distintas formas de darle mayor uso al agua usada.

También se indagó la opinión de los encuestados y el apoyo que brindarían a proyectos que ayuden a la Municipalidad a reducir el consumo de agua potable para fines de riego en el mantenimiento de parques, los resultados se muestran en la Figura 10.

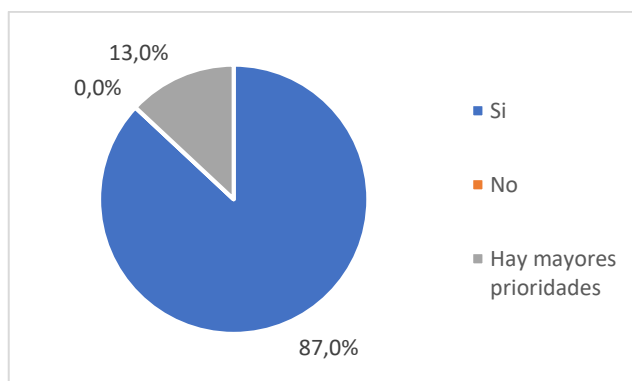


Figura 10. Proyectos para reducción de agua potable para riego en la Municipalidad

El 87% de las personas encuestadas apoyarían proyectos de este tipo, ya que la gente si está enterada de los problemas que afectan actualmente al planeta con respecto a la disponibilidad del agua y lo importante que es su preservación. Sin embargo, un 13% sabe de la importancia de la preservación del recurso hídrico, pero considera que hay otros puntos de mayor interés.

Las siguientes preguntas fueron dirigidas con base en el consumo eléctrico y la conciencia que tienen los pobladores respecto a este tema. Primeramente, se preguntó si existe la costumbre de ahorro de electricidad en los hogares, ya sea para fines económicos o ambientales, los resultados se muestran en la Figura 11.

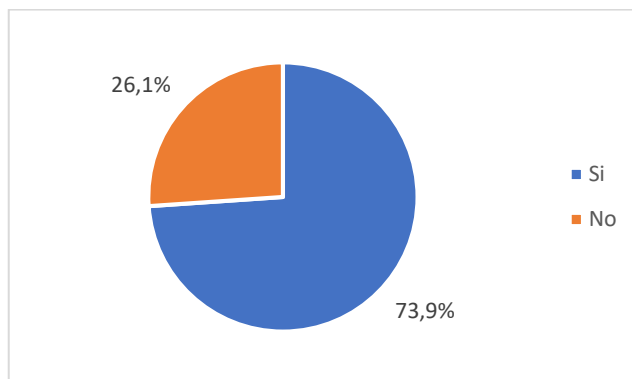


Figura 11. Prácticas de ahorro eléctrico en el Hogar

El 73,9% de los encuestados afirmaron que si tenían la costumbre de ahorrar electricidad, donde la mayoría eran amas de casa teniendo en consideración poder pagar menos por el consume eléctrico. El resto 26,1% no tenían la costumbre debido a una indiferencia, dicho comportamiento se reflejó en la población más joven.

La siguiente pregunta fue realizada para determinar qué tan informada está la población con respecto a las tecnologías verdes para la generación de electricidad, para este caso, los paneles solares, y si consideran que su uso es para empresas, viviendas o para ambos, los resultados se muestran en la Figura 12.

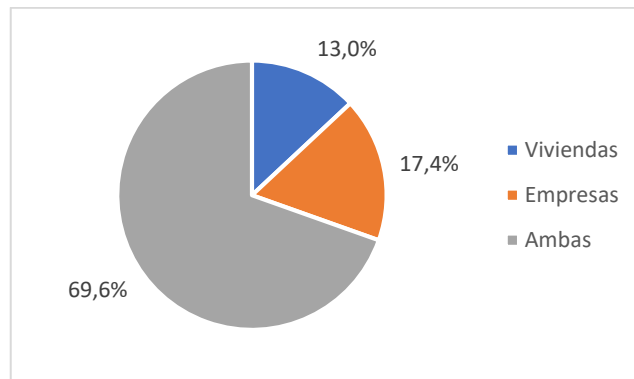


Figura 12. Uso de paneles solares

El 69,6% de los encuestados consideró que los paneles solares pueden ser usados para ambos casos. Sin embargo, durante la encuesta también se les hicieron preguntas sobre precios, vida útil y eficiencias. Pero gran parte de este porcentaje no supo contestar al respecto, solo poseen conocimiento de aquello que las empresas quieren que el consumidor sepa. Por otro lado, un 17,4% considera que es mejor para uso de empresas, ya que el consumo eléctrico que poseen va a ser superior al de una vivienda y el ahorro que se generará es mayor.

La siguiente pregunta se basó en que, si los encuestados consideran importante que la Municipalidad busque maneras de reducir el pago en los recibos eléctricos mediante energías limpias, los resultados se muestran en la Figura 13.

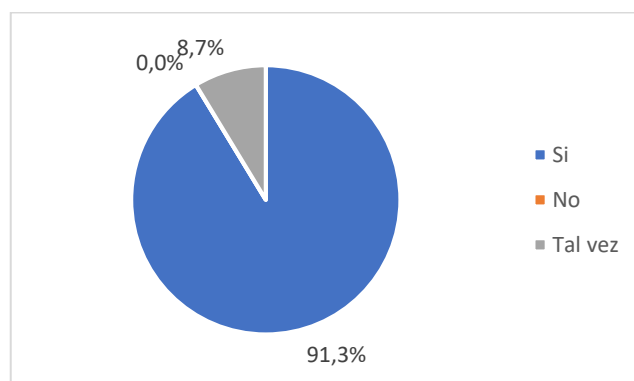


Figura 13. Importancia de que la Municipalidad reduzca su recibo eléctrico mediante energías renovables

El 91,3% de los encuestados consideran importante que la Municipalidad busque maneras de reducir gastos, ya que el dinero ahorrado puede ser invertido en otros sectores importantes. Por otro lado, también existe cierta incertidumbre por un porcentaje bajo de los encuestados, ya que temen que por temas de corrupción el dinero no pueda ser retribuido de manera adecuada a la comunidad.

Por último, se les preguntó si apoyarían un proyecto que sustituya el alumbrado público actual por uno que funcione mediante energía solar, los resultados se muestran en la Figura 14.

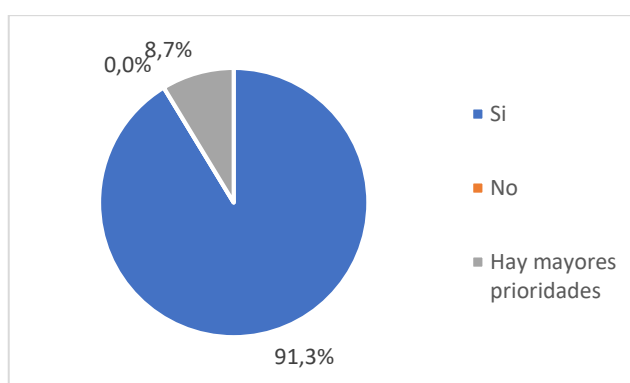


Figura 14. Proyecto de luminarias solares

El 91,3% de los encuestados apoyarían este tipo de proyectos, pero cabe destacar que se reafirma que la población no está bien informada del coste y los gastos que implica realizar este tipo de proyectos. En contraste con el 8,7% considera que hay mayores prioridades, ya que existe un alumbrado público funcional y en buen estado.

VI. CONCLUSIONES

6. Conclusiones

El sistema de riego fue diseñado bajo el cumplimiento de los criterios y normas de diseño establecidos para cada una de las etapas. Sin embargo, debido a que existió limitante en el caudal disponible, solo fue posible diseñar para algunos sectores del parque. Además, se decidió implementar la automatización del riego para agilizar las labores del personal de mantenimiento en el parque.

Del estudio de factibilidad para la implementación de luminarias solares no es recomendable invertir en la propuesta, ya que la inversión no se recupera en corto, mediano ni largo plazo. Por lo cual es importante discernir para qué tipo de empresas se deben dirigir este tipo de proyectos con el fin de evitar pérdidas o mal gastar fondos en propuestas que no son viables o se adecuan a las necesidades.

Mediante el análisis económico se determinó el valor total de los materiales requeridos para la construcción del sistema de riego.

El análisis ambiental reveló que la implementación del sistema de riego es un proyecto de bajo impacto ambiental, debido a que el área a irrigar es pequeña, por lo cual no es necesario incurrir en medidas de protección ambiental robustas. Sin embargo, es importante recalcar que las aguas a utilizar para el sistema de riego son residuales, por lo que pueden resultar perjudicial para la salud y es de suma importancia que estas presenten las características biológicas establecidas por los entes sanitarios del país.

El análisis social reveló que existe una desinformación por parte de la población respecto a las tecnologías limpias como los paneles solares, ya que solo conocen en la parte comercial que las empresas desean que conozcan y no todas las implicaciones que esto conlleva. Sin embargo, las personas son conscientes que es necesario que exista conciencia ambiental, que es de suma importancia preservar los recursos naturales como el agua y generar menos contaminación, pero desean que los gobiernos locales formen parte de esa conciencia y ayuden a difundir información para optimizar el uso del agua y reducir el consumo eléctrico.

VII. RECOMENDACIONES

7. Recomendaciones

- Verificar que la calidad de agua destinada para el sistema de riego cumpla con los requisitos microbiológicos establecidos por los entes sanitarios del Estado.
- Al momento de realizar el zanjeo, llevar a cabo el trabajo de manera que la capa de césped pueda ser colocada nuevamente en su posición.
- Implementar proyectos que ayuden a aportar agua al sistema de riego como la cosecha de agua mediante el alcantarillado pluvial o por techos como del quiosco del Edificio Municipal para minimizar el consumo de agua potable para fines de riego.
- En caso de implementar un tanque para cosecha de lluvia, construir un reservorio auxiliar a parte del tanque de aguas residuales, ya que este no puede recibir aportes de agua externos. Además, la cosecha de lluvia puede ser realizada mediante la escorrentía en techos o las áreas de baja infiltración (cemento o adoquines) o aprovechar también el alcantarillado pluvial.
- Realizar un estudio de viabilidad para determinar el lugar óptimo para el tanque auxiliar de cosecha de lluvia.
- Incentivar en la población la conciencia ambiental mediante charlas o actividades que les enseñe cómo reutilizar aguas que alguna vez fueron potables.
- Realizar una verificación de que los postes de alumbrado público se encuentren bien distribuidos en el parque ya que, si se pueden reducir el número de luminarias, también se reducirá el pago de electricidad.

VIII. BIBLIOGRAFÍA

FERNÁNDEZ, M. M., de Experimentación, S. Á., Agroganadera, D., GONZÁLEZ, G. G., & de Experimentación, L. Á. (2010). El sistema de riego localizado. Tecnología Agroalimentaria, (14)

González, J., Hernandez, J., Pérez, A., & Rodrigo, J. (1992). Riego Localizado. (1ra. Ed). Madrid: Mundi Prensa

Liotta, M. A., Carrión, R. A., Ciancaglini, N., & Olguin Pringles, A. (2015). Riego por goteo. PROSAP; INTA.

Losada, A. (1997). Glosario sobre sistemas de riego. Ingeniería del agua, 4(4).

Martínez, R., Prieto, D., Antúnez, A., Pla, M., & Zelmer, H. (2016). Evaluación del Riego Superficial como herramienta para el mejoramiento del diseño y operación de los sistemas.

Merino, L. (2007). Las energías renovables. Madrid, España: Haya Comunicación.

Oakley, S. (2010). Tratamiento de aguas residuales domésticas en Centroamérica: Un manual de experiencias, diseño, operación y sostenibilidad (No. 363.7284 Oa46t Ej. 1 022677). USAID,.

Orozco, J., & Solís, Y. (2017). Inventario de la calidad de fuentes de abastecimiento operadas por el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados para el año 2015. Revista Tecnología en Marcha, 30(1), ág-101.

PGR. (2007). Reglamento de Vertido y Reuso de Aguas Residuales. San José, Costa Rica. Recuperado de:
http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=59524&nValor3=83250&strTipM=TC

Rojas, L. (2016). Rediseño del sistema de alumbrado público del complejo de playa Club & Hotel Condovac La Costa en pro de la eficiencia energética y la autogeneración. (Tesis de Licenciatura en Ingeniería en Mantenimiento Industrial). Tecnológico de Costa Rica, Sede Cartago.

- Shock, C. C., & Welch, T. (2013). El riego por goteo: Una introducción.
- Silva, J., Torres, P., & Madera, C. (2008). Reuso de aguas residuales domésticas en agricultura. Una revisión. *Agronomía Colombiana*, 26(2), 347-359.
- Solorzano, M. (2017). *Introducción al Riego*. Cartago, Costa Rica: Autor.
- Soto, I. E. P. (2005). *Celdas fotovoltaicas en generación distribuida*. Santiago de Chile, 7.
- Ugarte, J. (2015). *ARQUITECTURA Y PAISAJISMO TROPICAL SOSTENIBLE*. Recuperado de: <http://www.arquitecturatropical.org/EDITORIAL/documents/ARQUIT-PAISAJISMO-TROPICAL.pdf>
- Villalobos, M. (2018). *Riego a presión*. Cartago, Costa Rica: Autor
- Villalobos, M. (2008). *Fundamentos de riego*. (1ra. Ed). Cartago, Costa Rica: Taller de Publicaciones del Instituto Tecnológico de Costa Rica.
- Zúñiga, E. (2004). *Diseño y evaluación del riego a presión*. (1ra. Ed). San José, Costa Rica: Editorial de la Universidad de Costa Rica.

IX. ANEXOS

9.1 Límites máximos permisibles para los parámetros universales de análisis obligatorio de aguas residuales vertidas en un cuerpo receptor

TABLA 4	
LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA LOS PARÁMETROS UNIVERSALES DE ANÁLISIS OBLIGATORIO DE AGUAS RESIDUALES VERTIDAS EN UN CUERPO RECEPTOR	
Parámetro	Límite
- DBO _{5,20}	50 mg/L
- DQO	150 mg/L
- Sólidos suspendidos	50 mg/L
- Grasas/aceites	30 mg/L
- Potencial hidrógeno	5 a 9
- Temperatura	15°C ≤ T ≤ 40°C
- Sólidos sedimentables	1 mL/L
- Sustancias activas al azul de metileno	5 mg/L

9.2 Límites máximos para los parámetros obligatorios complementarios de aguas residuales vertidas en un cuerpo receptor

TABLA 5
LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA LOS PARÁMETROS OBLIGATORIOS COMPLEMENTARIOS DE
AGUAS
RESIDUALES VERTIDAS EN UN
CUERPO RECEPTOR

Parámetro	Límite Máximo
- Materia flotante	Ausente
- Mercurio	0,01 mg/L
- Aluminio	5 mg/L
- Arsénico	0,1 mg/L
- Bario	5 mg/L
- Boro	3 mg/L
- Cadmio	0,1 mg/L
- Cloro residual	1 mg/L
- Color (pureza) ¹	15%
- Cromo	1,5 mg/L
- Cianuro total	1 mg/L
- Cianuro libre	0,1 mg/L
- Cianuro libre en el cuerpo receptor, fuera del área de mezcla	0,005 mg/L
- Cianuro disociable en ácido débil	0,5 mg/L
- Cobre	0,5 mg/L
- Plomo	0,5 mg/L
- Estaño	2 mg/L
- Fenoles	1 mg/L
Parámetro	Límite Máximo
- Fosfatos	25 mg/L
- Nitrógeno total	50 mg/L
- Níquel	1 mg/L
- Zinc	5 mg/L
- Plata	1 mg/L
- Selenio	0,05 mg/L
- Sulfitos	1 mg/L
- Sulfuros	25 mg/L
- Fluoruros	10 mg/L
- Hidrocarburos	10 mg/L
- Sumatoria de los compuestos organofosforados	0,1 mg/L
- Sumatoria de los carbamatos	0,1 mg/L
- Sumatoria de los compuestos organoclorados	0,05 mg/L

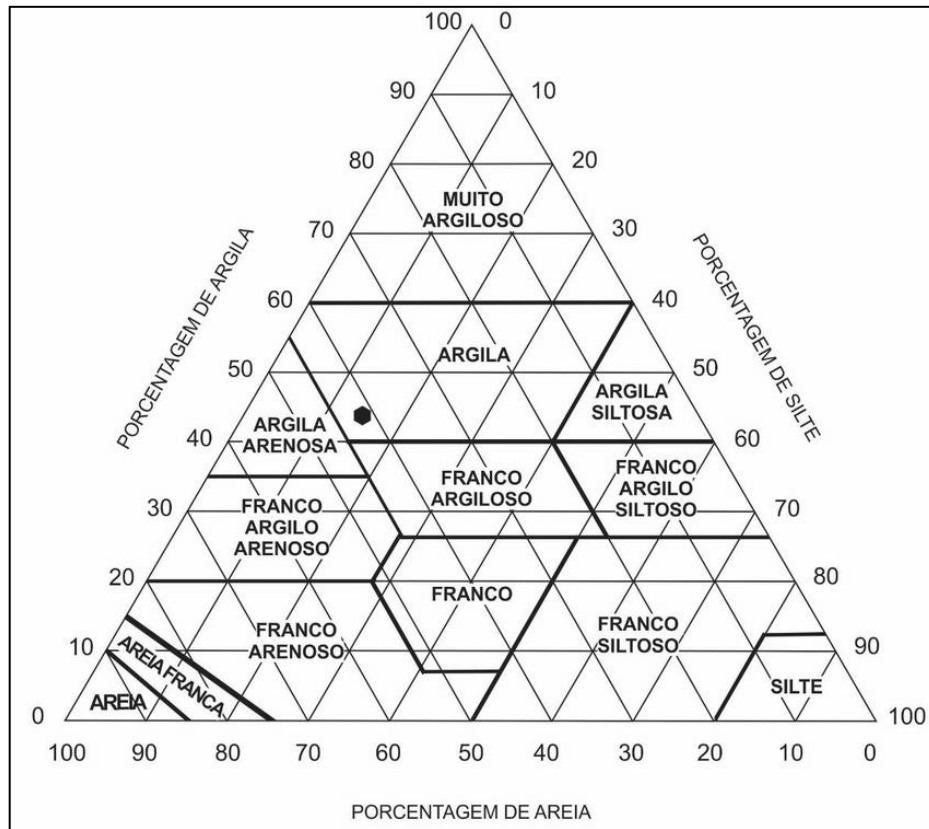
¹ De acuerdo al método espectrofotométrico para color del "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewaters".

9.3 Radiación solar extraterrestre en mm/día

Tabla de Radiación solar extraterrestre en mm/día (Allen et al., 1998) (Original en MJ·m⁻²·día⁻¹ ; 1 mm/día = 2,45 MJ·m⁻²·día⁻¹)

Latitud	HEMISFERIO NORTE												HEMISFERIO SUR											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
70	0.0	1.1	4.2	9.4	14.4	17.3	16.1	11.4	6.1	2.0	0.0	0.0	16.9	11.7	6.4	2.0	0.1	0.0	0.0	0.9	4.4	9.6	15.2	18.5
68	0.0	1.5	4.8	9.8	14.4	17.1	15.9	11.7	6.6	2.4	0.3	0.0	16.7	12.0	6.9	2.4	0.3	0.0	0.0	1.3	4.9	10.0	15.3	18.2
66	0.2	2.0	5.3	10.1	14.5	16.9	15.8	12.0	7.1	2.9	0.6	0.0	16.7	12.2	7.4	2.9	0.6	0.0	0.2	1.7	5.3	10.4	15.3	18.0
64	0.6	2.4	5.8	10.5	14.7	16.8	15.8	12.2	7.5	3.5	1.0	0.2	16.7	12.6	7.9	3.4	1.0	0.2	0.5	2.2	5.9	10.7	15.5	17.9
62	0.9	2.9	6.3	10.9	14.8	16.8	15.9	12.5	8.0	4.0	1.4	0.5	16.8	12.9	8.3	3.9	1.4	0.5	0.8	2.6	6.3	11.1	15.6	17.9
60	1.3	3.4	6.8	11.2	14.9	16.8	16.0	12.8	8.4	4.4	1.8	0.9	16.9	13.2	8.8	4.4	1.8	0.8	1.2	3.1	6.8	11.5	15.8	17.9
58	1.8	3.9	7.2	11.6	15.1	16.9	16.1	13.1	8.9	4.9	2.2	1.3	17.0	13.5	9.2	4.9	2.2	1.2	1.6	3.6	7.3	11.8	16.0	18.0
56	2.2	4.4	7.7	11.9	15.3	16.9	16.2	13.3	9.3	5.4	2.7	1.7	17.1	13.8	9.6	5.4	2.7	1.6	2.0	4.0	7.8	12.2	16.1	18.0
54	2.7	4.9	8.2	12.2	15.4	16.9	16.2	13.6	9.7	5.9	3.2	2.1	17.2	14.0	10.0	5.9	3.1	2.0	2.4	4.5	8.2	12.5	16.3	18.1
52	3.1	5.4	8.6	12.6	15.6	17.0	16.4	13.8	10.1	6.4	3.7	2.6	17.3	14.3	10.4	6.4	3.6	2.4	2.9	5.0	8.7	12.8	16.4	18.1
50	3.6	5.9	9.1	12.9	15.7	17.0	16.4	14.0	10.5	6.9	4.2	3.1	17.4	14.5	10.9	6.8	4.1	2.9	3.3	5.5	9.1	13.1	16.6	18.2
48	4.1	6.4	9.5	13.1	13.8	17.1	16.5	14.2	10.9	7.4	4.7	3.6	17.5	14.8	11.2	7.3	4.5	3.3	3.8	6.0	9.5	13.4	16.7	18.2
46	46.1	6.9	9.9	13.4	16.0	17.1	16.6	14.4	11.2	7.8	5.1	4.0	17.6	15.0	11.6	7.8	5.0	3.8	4.2	6.4	9.9	13.7	16.8	18.2
44	5.1	7.3	10.3	13.7	16.0	17.1	16.6	14.7	11.6	8.3	5.7	4.5	17.6	15.2	12.0	8.2	5.5	4.3	4.7	6.9	10.3	13.9	16.9	18.2
42	5.6	7.8	10.7	13.9	16.1	17.1	16.7	14.8	11.9	8.7	6.2	5.1	17.7	15.4	12.3	8.7	6.0	4.7	5.2	7.3	10.7	14.2	17.0	18.2
40	6.1	8.3	11.1	14.2	16.2	17.1	16.7	15.0	12.2	9.2	6.7	5.6	17.7	15.6	12.6	9.1	6.4	5.2	5.7	7.8	11.1	14.4	17.1	18.2
38	6.6	8.8	11.5	14.4	16.3	17.1	16.7	15.1	12.5	9.6	7.1	6.0	17.7	15.7	12.9	9.5	6.9	5.7	6.2	8.2	11.4	14.6	17.1	18.2
36	7.1	9.2	11.8	14.6	16.3	17.0	16.7	15.3	12.9	10.0	7.6	6.6	17.7	15.9	13.2	9.9	7.4	6.2	6.6	8.7	11.8	14.8	17.1	18.1
34	7.6	9.7	12.2	14.7	16.3	17.0	16.7	15.3	13.1	10.4	8.1	7.1	17.7	16.0	13.5	10.3	7.8	6.6	7.1	9.1	12.1	15.0	17.1	18.1
32	8.1	10.1	12.5	14.5	16.3	16.9	16.6	15.5	13.4	10.9	8.6	7.6	17.7	16.1	13.8	10.7	8.3	7.1	7.6	9.5	12.4	15.1	17.1	18.0
30	8.6	10.5	12.8	15.0	16.3	16.8	16.6	15.5	13.6	11.3	9.1	8.1	17.6	16.2	14.0	11.1	8.7	7.6	8.0	9.9	12.7	15.3	17.1	17.9
28	9.1	10.9	13.1	15.1	16.3	16.7	16.5	15.6	13.8	11.6	9.5	8.6	17.6	16.2	14.2	11.5	9.2	8.0	8.4	10.3	13.0	15.4	17.1	17.8
26	9.6	11.3	13.4	15.3	16.3	16.6	16.4	15.6	14.1	12.0	10.0	9.1	17.5	16.3	14.4	11.8	9.6	8.5	8.9	10.7	13.3	15.5	17.1	17.7
24	10.0	11.8	13.7	15.3	16.2	16.4	16.3	15.6	14.2	12.3	10.4	9.5	17.3	16.3	14.6	12.2	10.0	8.9	9.3	11.1	13.5	15.6	17.0	17.6
22	10.5	12.1	13.9	15.4	16.1	16.3	16.2	15.7	14.4	12.7	10.9	10.0	17.2	16.4	14.8	12.5	10.4	9.4	9.8	11.5	13.8	15.7	16.9	17.4
20	10.9	12.5	14.2	15.5	16.0	16.1	16.0	15.6	14.6	13.0	11.3	10.4	17.1	16.3	14.9	12.8	10.9	9.8	10.2	11.8	14.0	15.8	16.8	17.2
18	11.4	12.9	14.4	15.5	15.9	16.0	15.9	15.6	14.7	13.3	11.7	10.9	16.9	16.3	15.1	13.1	11.2	10.2	10.6	12.2	14.2	15.8	16.7	17.0
16	11.8	13.2	14.6	15.6	15.8	15.8	15.7	15.6	14.9	13.6	12.1	11.4	16.8	16.3	15.2	13.4	11.6	10.7	11.0	12.5	14.4	15.8	16.6	16.8
14	12.2	13.5	14.7	15.6	15.7	15.6	15.6	15.5	15.0	13.8	12.5	11.8	16.6	16.2	15.3	13.6	12.0	11.1	11.4	12.8	14.5	15.8	16.4	16.6
12	12.6	13.8	14.9	15.5	15.5	15.3	15.3	15.4	15.1	14.1	12.9	12.2	16.4	16.2	15.4	13.9	12.3	11.5	11.8	13.1	14.7	15.8	16.2	16.3
10	13.0	14.1	15.1	15.5	15.3	15.1	15.1	15.3	15.1	14.3	13.2	12.7	16.1	16.0	15.4	14.1	12.7	11.9	12.2	13.4	14.8	15.7	16.0	16.1
8	13.4	14.4	15.2	15.4	15.1	14.8	14.9	15.2	15.2	14.5	13.6	13.1	15.9	15.9	15.5	14.3	13.0	12.2	12.5	13.6	14.9	15.7	15.8	15.8
6	13.8	14.6	15.3	15.3	14.9	14.6	14.7	15.1	15.2	14.7	13.9	13.4	15.6	15.8	15.5	14.5	13.3	12.6	12.9	13.9	15.0	15.6	15.6	15.5
4	14.1	14.9	15.3	15.3	14.7	14.3	14.4	14.9	15.2	14.9	14.2	13.8	15.3	15.6	15.5	14.7	13.6	13.0	13.2	14.1	15.1	15.5	15.3	15.2
2	14.4	15.1	15.4	15.1	14.4	14.0	14.1	14.7	15.2	15.1	14.5	14.2	15.1	15.5	15.5	14.9	13.9	13.3	13.5	14.4	15.1	15.4	15.1	14.9
0	14.8	15.3	15.5	15.0	14.2	13.6	13.8	14.6	15.2	15.3	14.8	14.5	14.8	15.3	15.5	15.0	14.2	13.6	13.8	14.6	15.2	15.3	14.8	14.5

9.4 Triangulo textural



9.5 coeficiente según especie

Tabla 4
COEFICIENTE DE CULTIVO SEGÚN TIPO DE PLANTA

Tipo plantas	Kc
Crasas	0,2-0,3
Frutales	0,6-0,7
Árboles	0,6-0,8
Arbustos	0,7-0,8
Flores	0,8-1,0
Césped	1,0
Huerto	1,0

9.6 Coeficiente de densidad

Tipo Vegetación	Coeficiente de densidad (Kd)		
	a	m	b
Árboles	1,3	1,0	0,5
Arbustos	1,1	1,0	0,5
Tapizantes	1,1	1,0	0,5
Plantación mixta	1,3	1,1	0,6
Césped	1,0	1,0	0,6

9.7 Coeficiente de microclima

Tipo Vegetación	Coeficiente de Microclima (Km)		
	a	m	b
Árboles	1,4	1,0	0,5
Arbustos	1,3	1,0	0,5
Tapizantes	1,2	1,0	0,5
Plantación mixta	1,4	1,0	0,5
Césped	1,2	1,0	0,8

9.8 Factor de reducción de infiltración

Pendiente %	% reducción	Factor f
0-5	0	1
6-8	20	0,8
9-12	40	0,6
13-20	60	0,4
>20	75	0,25

9.9 Relación de transpiración

Profundidad de raíces (m)	Textura			
	Muy Arenosa	Arenosa	Media	Fina
< de 0,75	0,90	0,90	0,95	1,00
De 0,75 a 1,50	0,90	0,95	1,00	1,00
> de 1,50	0,95	1,00	1,00	1,00

9.10 Indicadores de desempeño de sistemas de riego presurizados

Clasificación	ASAE (2003)		Merriam and Keller (1978)	IRYDA (1983)
	US	CU	CU	CU
excelente	100-95	100-94	> 90	> 94
bueno	90-85	87-81	80-90	94-86
regular	80-75	75-68	70-80	80-86
pobre	70-65	62-56	<70	70-80
inaceptable	< 60	< 50		<70


9.11 Reglamento general de los procedimientos de Evaluación de Impacto Ambiental (EIA)

Categoría	División	Descripción de la Actividad	CIU 3	A	B ₁	B ₂	C	
A. Agricultura, ganadería, caza y silvicultura	01. Agricultura, ganadería, caza y actividades de servicios conexas	Cultivo de cereales y otros cultivos.	111, 117, 114,118		G P	MP	PP	
		Cultivo de vegetales, productos hortícolas	112.119		G P	MP	PP	
		Cultivo de plantas ornamentales	112.119	G P	MP	PP		
		Cultivo de frutas	113.115		G P	MP	PP	
		Cria de animales de granja y domesticados	121 y 122		G P	MP	PP	
		Servicios agrícolas. Plantas industriales para descascaramiento, desgrana y empaque de productos agrícolas.	140		GE	ME	PE	
		Servicios de Fumigación agrícola aérea		GE	ME	PE		
		Canalizaciones, cuando no formen parte integral de un proyecto.				Todas		
		Drenaje de terrenos, cuando no formen parte integral de un proyecto.				Todas		
		Proyectos de Riego de terrenos, cuando no forme parte integral de un proyecto.				Área a irrigar mayor que 150 ha	Área a irrigar menor o igual que 150 ha	
	02 Silvicultura. Extracción de madera y actividades conexas	Extracción de madera en bosques (<i>incluye recolección de especies silvestres</i>)	200	G P	MP	PP		
	03 Granjas y cultivos con especies no piscícolas	Granjas piscícolas, salobres y dulceacuícolas: Alevines, padrones en cultivos controlados a cielo abierto				mayor que 2 ha de espejo de agua	mayor que 0.5 ha y menor o igual que 2 ha de espejo de agua	menor o igual que 0.5 ha de espejo de agua
		Zoocriaderos invertebrados marinos.				G P	MP	PP
		Zoocriaderos de anfibios para producción de ancas, carne, piel y repoblación				G P	MP	PP
		Zoocriaderos de reptiles para carne, piel y repoblación				G P	MP	PP

9.12 Datos técnicos de la bomba para riego

BOMBA PARA RIEGO
CAUDAL POR BOMBA 45 GPM-1.67 LPS
HP= 2 HP
V 115V
FRANKLIN ELECTRIC MODELO 45FA2SA

9.13 Cotización lámpara solar All in One 3G 50W – 6000 lm



Cédula Jurídica 3-101-713077
Teléfono: 2448-7070 / Cel. 7206-7233
info@ledverdecostarica.com Alajuela, Costa Rica

INFORMACION DEL CLIENTE
 EMPRESA/PERSONA ENCARGADA: Drexler Jesús Guzmán Cruz
 DIRECCION:
 TELÉFONO(S):
 CORREO ELECTRÓNICO: DREX.GUZMAN@estudiantecr.onmicrosoff.com

PROFORMA #	LVCRGA000634
FECHA / HORA	12/08/2019 – 10:50AM
VENDEDOR	Graciela Araya

CANT.	CODIGO	DESCRIPCIÓN	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
76	SGALVCR50	Lámpara Solar All In One 3G 50W – 6,000lm	\$1,100.00	\$83,600.00
			SUB TOTAL	\$83,600.00
			IMP. VENTAS	\$10,868.00
			TOTAL	\$94,468.00

*LEER *Impuesto de ventas es un 13%. Leer Información Importante, TERMINOS Y CONDICIONES. Es responsabilidad del cliente leer estos términos y condiciones. Esta propuesta contiene especificaciones necesarias del producto a adquirir para que así el cliente se informe. Es responsabilidad del cliente investigar de ser necesario antes de adquirir nuestros productos. Es responsabilidad del cliente hacer todas las preguntas técnicas/generales al vendedor que sean necesarias para el mejor entendimiento de las potencias lumínicas, características de los componentes, vida útil, precios de los repuestos y de costos de las visitas fuera del periodo de garantía. LED Verde Costa Rica S.A NO hace devolución de dinero. Los productos con fallas de fábrica se reparan. Se cambian únicamente cuando no hay repuestos que solucionen el problema o cuando son dañados por personal de LED Verde Costa Rica S.A antes o mientras son instalados. TIEMPOS DE ENTREGA: pueden variar desde una (1) SEMANA hasta doce (12) SEMANAS dependiendo del producto. Nos reservamos el derecho de negar servicio. GARANTIAS: SOLAR es entre 1 y 5 años (dependiendo del producto) si la instalación la realiza LED Verde Costa Rica S.A. ELECTRICO: 1, 5, 7 y 10 años (dependiendo del producto) si la instalación la realiza LED Verde Costa Rica S.A. La garantía tiene limitaciones si la instalación NO es realizada por personal de LED Verde Costa Rica S.A. La garantía se perderá por completo si por alguna razón las luces/instalación brindada por nuestro personal es manipulada/cambiada de alguna forma por el cliente o contratante sin autorización previa y por esofo a LED Verde Costa Rica S.A. REPUESTOS: LED Verde Costa Rica S.A vende repuestos originales. Nosotros recibimos las baterías por usted. Para órdenes de fabricación se requiere de un 50% del costo total a depositar por adelantado y el 50% restante cuando se entregue el producto y contrato respectivo. Si el pago del 50% restante no se realiza después de 30 días de haber entregado el trabajo finalizado o después de un acuerdo estipulado en el contrato, se cobrará un interés moratorio del 13% mensual del total adeudado en ese momento; pero si el tiempo moratorio excede los 90 días nos veremos obligados en retirar las lámparas de su ubicación. El cliente de esta propuesta perderá el depósito completo del 50% inicialmente pagado a LED Verde Costa Rica S.A para este trabajo. METODO DE PAGO: Efectivo, Transferencias electrónicas SINPE o Cheque Gerencial de Bancos.*

AL FIRMAR ESTE DOCUMENTO HAGO CONSTAR QUE HE LEIDO COMPLETAMENTE Y ACEPTADO ESTOS TERMINOS Y CONDICIONES

RECIBIDO CONFORME:
Nombre: _____
Fecha: _____

***ESTO NO ES UNA FACTURA. Esta propuesta tiene validez por 30 días naturales.

LED VERDE COSTA RICA S.A Cédula Jurídica 3-101-713077 Empresa costarricense de iluminación LED Solar y Eléctrica Dirección: 90 mts Norte del Banco de Costa Rica, San Pedro de Poás, Alajuela 20801 Teléfono: 2448-7070 CEL: 7206-7233 Correo: info@ledverdecostarica.com Web: www.ledverdec.com

9.14 Datos adicionales a la cotización lámpara solar All in One 3G 50W – 6000 lm



LED Verde
Iluminación Solar Costa Rica

Cédula Jurídica 3-101-713077
Teléfono: 2448-7070 / Cel. 7206-7233
info@ledverdecostarica.com Alajuela, Costa Rica

RESUMEN DE PROPUESTA: No incluye instalación ni envío.

(Solar) NOTAS IMPORTANTES:

- Es responsabilidad del cliente derramar árboles que den sombra a los paneles solares y por ende afecten la eficiencia de carga.
- Capacidad de carga se verá afectada después del tercer día lluvioso consecutivo.

INFORMACION TECNICA DE LUMINARIA: Ficha adjunta.

FICHA DE POSTES Y CIMIENTOS: n/a

ESTUDIO FOTOMETRICO: n/a

TIEMPO DE ENTREGA: 8-12 semanas, contra orden de compra.

TIEMPO DE FABRICACION Y ENTREGA: En caso de no tener en stock los tiempos normales de fabricación e importación ronda entre 8 – 12 semanas, a menos que se indique lo contrario. LED Verde tendrá entre 2 a 5 días hábiles máximo después de haber recibido el depósito inicial del 50% para iniciar trabajos. En caso de eventos fortuitos o retrasos fuera de esta fecha establecida LED Verde mantendrá al cliente al tanto de todo. Nota: 50% de depósito es requerido cuando se requiere fabricar producto en pedidos especiales. Procesos de fabricación inician después de recibida una orden de compra y/o el depósito inicial correspondiente. En caso de no tener luminarias en stock para entrega inmediata hay que ordenar la fabricación de las mismas. En ese caso los tiempos de entrega serán entre 8 a 12 semanas, los mismos pueden variar dependiendo del producto y de la época, también pueden ser afectados por eventos fortuitos o fuerza mayor que están fuera de nuestro control. LED Verde Costa Rica notificará al cliente/encargado del proyecto por escrito.

(Solar) VIDA UTIL PROMEDIO:

- Panel Solar: 25 años a un 82% de su capacidad
- Batería: 5-8 años
- Chip LED: 50,000 a 100,000 horas
- Controlador: 8-12 años

(Solar) COSTO DE REEMPLAZO DE COMPONENTES:

- Panel Solar: 10% del costo de la luminaria
- Batería: 25% del costo de la luminaria
- Chip LED: 5% del costo de la luminaria
- Controlador: 10% del costo de la luminaria

SOBRE LA GARANTIA: 3 años totales. La garantía es del día que se entrega el producto / proyecto para defectos de fábrica únicamente.

SOBRE EL MANTENIMIENTO: Las luminarias son libre de mantenimientos específicos siempre y cuando no sean afectadas por temas terceros, como personas, razones vandálicas, o de la naturaleza como por ejemplo y no limitados a desechos de aves o animales silvestres, acumulación de hojas, ramas, basura etc. Las superficies de los paneles solares son lisas y con leve inclinación ayudando a que la lluvia y el viento se encarguen de despejar la superficie de la misma en la mayoría de los casos. Hay que considerar mantenimiento preventivo es recomendado (no incluye en la oferta). Es responsabilidad del cliente mantener las luminarias libres de ramas de los árboles que puedan afectar su desempeño óptimo.

(Solar) MANTENIMIENTO PREVENTIVO: Para garantizar la eficiencia óptima de carga es sumamente importante un plan de mantenimiento preventivo de una visita cada 3 meses para dar una limpieza de panel solar y luminaria completa. El costo será de \$150.00USD hasta un máximo de 10 luminarias. No incluye costos adicionales como traslado según distancia y mantenimiento total que incluye pintura y cimientos en caso de ser necesario y aprobado por el cliente al momento de la visita.

LED VERDE COSTA RICA S.A. Cédula Jurídica 3-101-713077 Empresa costarricense de Iluminación LED Solar y Eléctrica Dirección: 30 mts Norte del Banco de Costa Rica, San Pedro de Poás, Alajuela 20801. Teléfono: 2448-7070 CEL: 7206-7233 Correo: info@ledverdecostarica.com Web: www.ledverdecr.com

9.15 Gotero autocompensado UIRAM™ HCNL

INFORMACIÓN TÉCNICA DEL GOTERO

CAUDAL* (L/h)	RANGO DE PRESIÓN DE TRABAJO (BAR)	DIMENSIONES DE PASOS DE AGUA ANCHO- PROFUNDIDAD- LONGITUD (MM)	ÁREA DE FILTRACIÓN (MM ²)	CONSTANTE K	EXPONENTE* X	FILTRACIÓN RECOMENDADA (MICRONES) / (MESH)	PRESIÓN DE CIERRE (BAR)
0.85	1.5 - 4.0	0.70 x 0.65 x 40	110	0.85	0	130/120	0.25
1.25	1.5 - 4.0	0.83 x 0.74 x 40	130	1.25	0	130/120	0.25
2.00	1.5 - 4.0	1.07 x 0.79 x 40	130	2.00	0	200/80	0.25
2.90	1.5 - 4.0	1.26 x 0.95 x 40	130	2.90	0	200/80	0.25
4.40	1.5 - 4.0	1.59 x 1.10 x 40	150	4.40	0	200/80	0.25

*Dentro del rango de presión de trabajo.

netafim.mexico@netafim.com

www.netafim-latinamerica.com

9.16 Plano de tuberías en el terreno

