

TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CIUDAD JUÁREZ



ANÁLISIS DE RECUPERACIÓN DE CAPITAL Y AHORRO DE AGUA POTABLE EN
PROYECTO DE RECOLECCIÓN POR COSECHA DE LLUVIA PARA RIEGO
EN PARQUE URBANO
TESIS
QUE PRESENTA

CLAUDIA MARÍA FERNÁNDEZ MARÍN

COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRA EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

CD. JUÁREZ, CHIH.

10 DE JUNIO DE 2022



EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



INSTITUTO TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez
División de Estudios de Posgrado e Investigación

Ciudad Juárez, Chihuahua, **20/junio/2022**

Oficio N° DEPI/038/2022

Asunto: Autorización de Impresión de Tesis

C. CLAUDIA MARÍA FERNÁNDEZ MARÍN
CANDIDATO(A) AL GRADO DE MAESTRO(A) EN
MAESTRÍA EN INGENIERÍA INDUSTRIAL
P R E S E N T E.

Por este conducto, tengo el agrado de comunicarlo que el Comité Tutorial asignado a su trabajo de Tesis titulado **"ANÁLISIS DE RECUPERACIÓN DE CAPITAL Y AHORRO DE AGUA POTABLE EN PROYECTO DE RECOLECCIÓN POR COSECHA DE LLUVIA PARA RIEGO EN PARQUE URBANO"**, ha informado a esta División de Estudios de Posgrado e Investigación, que está de acuerdo con el trabajo presentado. Por lo anterior se le autoriza se proceda con la **IMPRESIÓN DEFINITIVA DE SU TRABAJO DE TESIS**.

Esperando que el logro del mismo sea acorde con sus aspiraciones profesionales, reciba un cordial saludo.

ATENTAMENTE

Excelencia en Educación Tecnológica

EDUARDO RAFAEL POBLANO OJINAGA
JEFE DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS
DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

C.c.p. Departamento de Servicios Escolares
División de Estudios Profesionales



Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez

RECIBIDO
20 JUN. 2022

COORDINACIÓN
DE TITULACIÓN



Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez

JUN 2022

Av. Tecnológico 1200 Fracc. El Centro, Ciudad Juárez, Chihuahua, Tel. 0662 631 1111
e-mail: comunicacion_y_difusion@itcjuarez.mx; edojinaga@itcjuarez.mx

Departamento de
Servicios Escolares



2022 Flores
Magón



EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



INSTITUTO TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO

Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez
División de Estudios de Posgrado e Investigación

EDUARDO RAFAEL POBLANO OJINAGA
JEFE DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS
DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN
P R E S E N T E.

Por medio de la presente se hace constar que la tesis determinada **"ANÁLISIS DE RECUPERACIÓN DE CAPITAL Y AHORRO DE AGUA POTABLE EN PROYECTO DE RECOLECCIÓN POR COSECHA DE LLUVIA PARA RIEGO EN PARQUE URBANO"**, presentado por el(la) alumno(a) **C. CLAUDIA MARÍA FERNÁNDEZ MARÍN** con número de control **G18112474**, para obtener el grado de Maestro en el programa de Maestría en Ingeniería Industrial, ha sido revisada y aprobada en su forma y contenido por los suscritos, por lo que no existe ningún inconveniente para la impresión de la misma.

Se extiende la presente, constancia a petición de él(la) interesado(a) y para los fines legales que a él(la) convengan, en Ciudad Juárez, Chihuahua, a los diecisiete días del mes de junio del año dos mil veintidós.

ATENTAMENTE

"Excelencia en Educación Tecnológica"


MIRELLA PARADA GONZÁLEZ
DIRECTORA


ARTURO WOOCAY PRIETO
REVISOR


ULISES MARTÍNEZ CONTRERAS
REVISOR


ADÁN VALLES CHÁVEZ
REVISOR

Ciudad Juárez, División de Estudios de Posgrado e Investigación
Alumno(a)

Instituto Tecnológico de Cd. Juárez

RECIBIDO
20 JUN. 2022

**COORDINACIÓN
DE TITULACIÓN**



Av. Tecnológico 1340 Fracc. El Cincero, Ciudad Juárez, Chihuahua, México. Tel. 01 656 688-2500
e-mail: comunicacion_y_diffusion@cijuarez.tecnm.mx | tecnm.mx | cijuarez.tecnm.mx



2022 *El Año de
Morelos*
GOBIERNO DEL ESTADO DE MORELOS



Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez

División de Estudios de Posgrado e Investigación



CARTA CESIÓN DE DERECHOS

En la Ciudad de Juárez, Chihuahua; siendo el día 29 del mes de junio del año 2022, la que suscribe C. Claudia María Fernández Marín alumna del Programa de Maestría en Ingeniería Industrial, con número de control G18112474, adscrita a la División de Estudios de Posgrado e Investigación, manifiesta que es la autora intelectual del presente trabajo de Tesis bajo la dirección de la, MC Mirella Parada González y cede los derechos del trabajo titulado ANÁLISIS DE RECUPERACIÓN DE CAPITAL Y AHORRO DE AGUA POTABLE EN PROYECTO DE RECOLECCIÓN POR COSECHA DE LLUVIA PARA RIEGO EN PARQUE URBANO, al Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez para su difusión, con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso de la autora y/o director del trabajo. Este puede ser obtenido escribiendo a las siguientes direcciones mirella.pg@cdjuarez.tecnm.mx y claus_fernandez@hotmail.com. Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.

Claudia María Fernández Marín

DEDICATORIA

A Héctor, Ana Cecilia y Arturo; mi familia, por su comprensión y apoyo incondicional que me impulsan a seguir buscando metas y sueños. A mis maestros por su paciencia y cariño, gracias.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco de manera muy especial a mi esposo e hijos por el cariño y apoyo brindado durante la realización de este proyecto de maestría, por permanecer siempre a mi lado con la mejor actitud. Son mi alegría y mayor motivación. Los amo.

A mi asesora MC Mirella Parada González que durante mi estancia en esta institución me orientó y motivó con mucho entusiasmo a buscar desarrollar un proyecto que contribuyera en mi desarrollo profesional con un enfoque comunitario. Gracias por los consejos, la compañía y, por tanto.

Al Arquitecto Cosme Espinoza del departamento de Cultura del Agua de la Junta Municipal de Agua y Saneamiento (JMAS) Juárez por el apoyo y tiempo dedicado, por compartirnos sus valiosos conocimientos y experiencia en un tema tan vital como lo es el cuidado del agua para preservar la vida y las áreas verdes urbanas, siempre de forma muy positiva.

A los diferentes departamentos de la JMAS Juárez que no dudaron en apoyar de manera muy amable con recursos informativos, entrevistas y documentos, los cuales fueron de gran utilidad para la realización de este trabajo de investigación.

Al Laboratorio de Climatología y Calidad del Aire de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez (UACJ) por facilitarnos información referente frecuencia y cantidad de agua de lluvia recabada en esta ciudad.

A mis compañeros, personal administrativo y docente del Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez que en algún momento de estos años fueron claves para poder llegar a realizar las distintas tareas encomendadas con éxito a lo largo de muchas horas de trabajo.

A la división de estudios de posgrado por brindarme la oportunidad de estudiar la Maestría en Ingeniería Industrial en esta institución que llevaré siempre en el corazón. Al

Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el soporte económico. A todos, muchas gracias.

RESUMEN

Las áreas verdes urbanas son vitales para la comunidad por varias razones como lo son el efecto refrescante, puntos de absorción pluvial, bienestar y salud mental de la población, preservación de flora y fauna local, evitan erosión del suelo, mejoran la calidad del aire, etc., y para mantener estos espacios verdes es importante contar con el recurso hídrico. En la localidad de Ciudad Juárez, donde se ubica el parque “La Joya”, objeto del presente estudio; la precipitación pluvial es escasa y la manera en que la ciudad se abastece del recurso hídrico es por medio de un yacimiento de agua subterránea llamada “Bolsón del Hueco”, la Junta de agua municipal estima que el 35% del agua potable está siendo utilizada para regar estos espacios, por lo que se pretende encontrar maneras de utilizar agua tratada o de cosecha de lluvia para tal fin. Por medio de un análisis de reemplazo se estudió la forma de aminorar el consumo de agua potable para el riego y de esta forma preservar el recurso potable para consumo humano.

Del informe anual 2020 emitido por el Laboratorio de Climatología y Calidad del Aire de la UACJ sobre la cantidad de lluvia precipitada en la ciudad, se toma como datos históricos para calcular el agua que pudiera ser obtenida de cosecha de lluvia en los años futuros y utilizada para riego del parque “La Joya”. Utilizando fórmulas de ingeniería económica, la propuesta de una obra de infraestructura de recolección pluvial y costos varios, fue posible establecer el tiempo de recuperación de la inversión y factibilidad del proyecto.

CONTENIDO

LISTA DE FIGURAS.....	XII
LISTA DE TABLAS	XIV
1. INTRODUCCIÓN	1
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	8
2.1. Descripción del Problema.....	8
2.2. Pregunta de Investigación	8
2.3. Hipótesis.....	9
2.4. Objetivo General.....	9
2.5. Justificación	9
2.6. Delimitaciones	10
3. MARCO TEÓRICO	11
3.1. Importancia del Uso Adecuado del Agua y de las Áreas Verdes Urbanas	11
3.1.1. Agua Disponible para Suministro a Ciudad Juárez, Chih.....	14
3.1.2. Legislación	16
3.2. Alternativas de Riego en Áreas Verdes Urbanas	18
3.2.1. Agua Tratada o de Reúso	18
3.2.2. Cosecha de Lluvia	19
3.2.3. Riego por Goteo.....	21
3.2.4. Programas de Concientización para Mejoramiento en Sistemas de Riego	22
3.2.5. Eliminación de Parques y Jardines	23
3.3. Análisis de Alternativas de Riego en Áreas Verdes Urbanas	23
3.4. Análisis de Reemplazo	25
4. MATERIALES Y MÉTODOS.....	26

4.1.	Materiales	26
4.2.	Metodología	29
4.2.1.	Generación de la Idea	30
4.2.2.	Búsqueda de Información	30
4.2.3.	Selección y Organización de la Información	31
4.2.4.	Análisis de Datos	32
4.2.5.	Evaluación y Selección de Alternativas.....	33
4.2.6.	Análisis y Estimación de Recolección de Agua de Lluvia	36
4.2.7.	Estimación de Retorno de Inversión y Análisis de Reemplazo.....	36
5.	RESULTADOS	38
5.1.	Generación de la Idea	38
5.2.	Ubicación del Proyecto Recolector de Aguas Pluviales.....	40
5.3.	Revisión de Mapas Topográficos Cercanos al Pozo de Absorción.....	41
5.4.	Estimación de Agua que se Pudiera Obtener por Cosecha de Lluvia para el Riego a Parque La Joya.....	45
5.5.	Medición de Área a Parque La Joya	47
5.6.	Prototipo de Obra de Captación Pluvial.....	48
5.7.	Presupuesto de Obra Civil, Mano de Obra y Materiales de Proyecto de Captación de Agua Pluvial.....	54
5.8.	Cálculo de Cantidad de Agua para Riego de Parque La Joya	57
5.9.	Tarifas de Agua.....	59
5.10.	Pronóstico de Recolección de Agua por Cosecha de Lluvia.....	61
5.11.	Comparativo de Tres Diferentes Tarifas de Agua	63
5.12.	Cálculo de Gasto Eléctrico	65
5.13.	Análisis Incremental	68
5.14.	Tiempo de Retorno de la Inversión	72
5.15.	Valor Presente Neto	73
6.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	79
	REFERENCIAS.....	82
	GLOSARIO.....	84

Lista de Figuras

Figura 1.1 Consumo de Agua Potable en m ³	2
Figura 3.1 Recursos de Agua en la Región Paso del Norte (Salas-Platas Mendoza, 2006).	15
Figura 4.1 Diagrama de Flujo de Metodología	29
Figura 4.2 Mapa de la Línea Morada en Ciudad Juárez. Punto Rojo Marca Ubicación de Fraccionamiento Quinta Esmeralda	32
Figura 4.3 Diagrama de Flujo en Toma de Decisión de Tipo de Agua para Riego.....	35
Figura 5.1. Fotografías 1 de la Entrada al Fraccionamiento Quinta Esmeralda en un Día de Lluvia	39
Figura 5.2 Fotografías 2 de la Entrada al fraccionamiento Quinta Esmeralda en un Día de Lluvia Donde se Observa la Captación de Agua por Escurrimiento, a un Costado de Parque La Joya.	39
Figura 5.3 Fotografía del Pozo de Absorción de Parque La Joya.....	40
Figura 5.4 Ubicación Geografica de Proyecto de Recolección de Agua.....	41
Figura 5.5 Análisis de Contexto de Parque La Joya	42
Figura 5.6 Perfil Topográfico 1 P1	43
Figura 5.7 Perfil Topográfico 2 P1	43
Figura 5.8 Perfil Topográfico 2	44
Figura 5.9 Perfil Topográfico 3	44
Figura 5.10 Fotografías del Parque La Joya	48
Figura 5.11 Prototipo de Obra de Captación de Cosecha de Lluvia y Recolección de Agua Tratada por Camiones Cisterna.....	49
Figura 5.12 Otro Ángulo de Obra de Captación de Agua Donde se Observan Cisternas Soterradas.....	49
Figura 5.13 Prototipo de Equipo para Sistema de Riego en Obra de Captación	50
Figura 5.14 Prototipo de Distribucion de Sistema de Riego en Parque La Joya	51
Figura 5.15 Detalles de Instalación del Prototipo de Obra para Captación de Agua.....	52
Figura 5.16 Detalles de Caseta de Bombeo	52
Figura 5.17 Detalles de Instalación de Bomba Hidroneumática de 2 HP con Tanque de 150 L, Consumo de Energía de 20 amp y 127 V	53

Figura 5.18 Prototipo de Sistema de Descarga de Agua en Pipas, Almacenamiento y Bombeo.....	53
Figura 5.19 Prototipo de Sistemam de Descarga de Agua en Pipas 2.	54
Figura 5.20 Presupuesto de Obra Primera Parte	55
Figura 5.21 Presupuesto de Obra Segunda Parte	56
Figura 5.22 Convertidor de Caballos de Fuerza por Watts.....	65
Figura 5.23 Expectativa de Inflación en México	72

Lista de Tablas

Tabla 5.1 Eventos de Lluvia Registrados en el Año 2020 Utilizados para Estimar Recolección de Agua de Lluvia del Año 2021 en Adelante.	46
Tabla 5.2 Cálculo de Gasto de Agua para el Riego del Parque La Joya.....	58
Tabla 5.3 Cálculo de Costos del Agua de Tarifas Uso Doméstico, Gubernamental y Servicio de Pipas de Agua Tratada sin Proyecto de Obra de Captación.	60
Tabla 5.4 Cálculo de Costos del Agua de Tarifas Uso Doméstico, Gubernamental y Servicio de Pipas de Agua Tratada con Proyecto de Obra de Captación.	62
Tabla 5.5 Tabla de Porcentajes Utilizados en el Recibo de Cobro del Agua en 2021.....	63
Tabla 5.6 Tabla Comparativa de Ahorro de Agua para el Riego de Parque La Joya	64
Tabla 5.7 Calculo de Horas Requeridas por Parte de Bomba Hidroneumática	66
Tabla 5.8 Cálculo de Gasto Eléctrico por Bomba Hidroneumática Utilizado en Sistema de Riego	67
Tabla 5.9 Cálculo de Gasto Eléctrico por Bomba Hidroneumática Utilizando en Sistema de Riego con Gasto Mínimo de 25 Kwh al Mes.	68
Tabla 5.10 Opciones del Análisis Incremental de la Inversión	69
Tabla 5.11 Cálculo de Beneficio Anual.....	70
Tabla 5.12 Opciones de Inversión	71
Tabla 5.13 Promedio de Incremento en Inflación.....	73

1. INTRODUCCIÓN

Las áreas verdes urbanas son importantes para mantener una buena calidad de vida de los habitantes que ahí residen y por tal razón es vital el mantenerlas y cuidarlas adecuadamente, ya que éstas proporcionan diversos beneficios a la comunidad como lo son: el efecto refrescante, humedad, abatimiento pluvial, oxigenación del aire, salud mental, mayor plusvalía de los bienes raíces que se ofertan, evita erosión de la tierra, preservación de la flora y fauna local, etc., y para conservar estas áreas es indispensable el uso del recurso hídrico.

La Organización de las Naciones Unidas (ONU) recomienda a las ciudades tener al menos 16 m² de áreas verdes por habitante, la Organización Mundial de la Salud (OMS) recomienda entre 9 y 11 m²; Ciudad Juárez, según el Instituto Municipal de Investigación y Planeación (IMIP) con los datos más recientes con fecha 2010 señala que existen 7.85 m² de área verde por habitante. Tomando en cuenta que la ciudad se encuentra en un área desértica, será entonces importante resaltar la importancia de utilizar lo más adecuadamente posible el agua para preservar los espacios verdes existentes y crear aún más.

Por información proporcionada de la Dirección General de Parques y Jardines del municipio de Ciudad Juárez en octubre del 2019, se sabe que la ciudad cuenta con un total de 9,366,860.6 m² de área verde de los cuales 3,281,281 m² corresponden al área de 2,732 parques en la ciudad.

En Ciudad Juárez el departamento de Cultura del Agua de la Junta Municipal de Agua y Saneamiento (JMAS), señala que actualmente el 35% del agua potable de la ciudad está destinado al riego de parques y jardines; lo que se considera un derroche utilizarla para

tal fin; dado que el recurso hídrico es escaso, se propone sustituirla por agua tratada. *Figura 1*

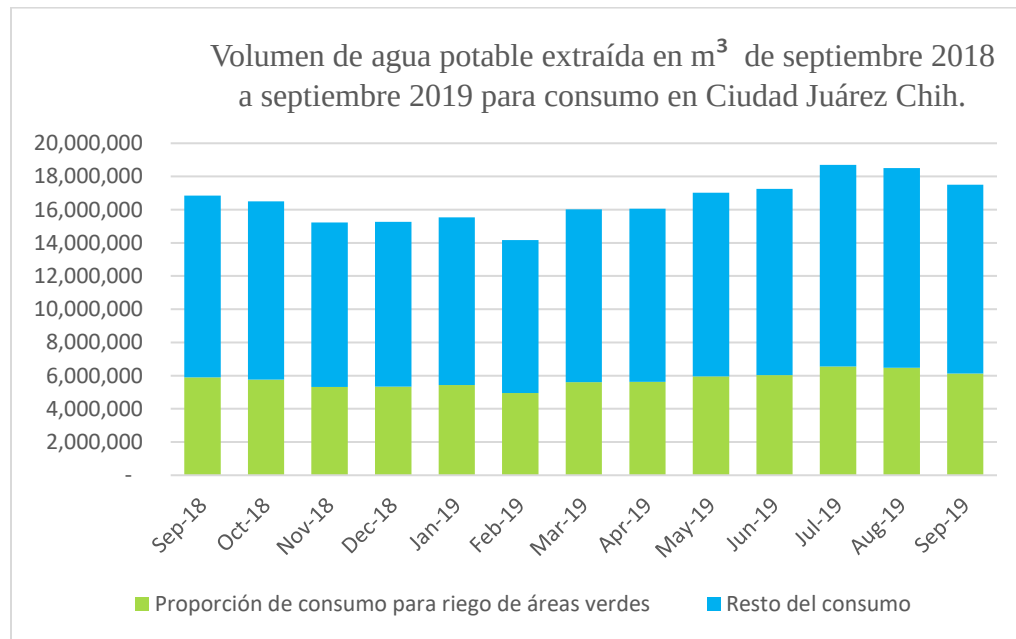


Figura 1.1 Consumo de Agua Potable en m³

Pese a contar con legislaciones y reglamentos disponibles en la localidad sobre el riego de áreas verdes con agua tratada, aún no existe la infraestructura hídrica necesaria como para poder hacerlas efectivas, como la línea morada, que en la actualidad cuenta con solo 79 km conectados a alguna de las plantas de tratamiento de aguas residuales de la ciudad y unos 25 km más que están como preparación sin ninguna conexión aún. Además de ser estas legislaciones documentos relativamente nuevos (2015) y de no ser conocidos todavía por la mayoría de los habitantes de esta localidad, la ciudad tiene más tiempo operando de manera distinta, por lo que sería necesario hacer una campaña informativa en donde se puedan ofrecer opciones viables en los lugares donde no se encuentre la infraestructura necesaria para poder llevar a cabo el riego de manera correcta; en la actualidad la mayoría de los desarrollos habitacionales están conectados a la línea de agua

potable sin ningún registro o control para el riego de parques y jardines por haber sido una práctica común entre los desarrolladores. Dada esta situación se puede deducir que probablemente sea más de un 35% del agua potable utilizada en el riego de áreas verdes urbanas ya que no existe manera de contabilizar este uso.

Sobre la legislación referente al riego con agua tratada, citaremos una parte del “Reglamento de Desarrollo Urbano Sostenible del Municipio de Juárez, Chih.”, el cual señala en el artículo 123, sobre los fraccionamientos, “El propietario o desarrollador debe ejecutar la totalidad de las obras de urbanización y la instalación de los servicios públicos, entre ellas, la red de agua tratada para riego de áreas de donación municipal, área de equipamiento urbano, las áreas verdes y/o las áreas jardinadas. Todas las áreas jardinadas deberán contar con sistemas y equipos de presurización para el riego de áreas verdes. Adicional a la red de agua tratada, deberán instalarse las cisternas que sean necesarias considerando el uso o dotación de 7 litros de agua por m² de área verde. Los tinacos que se instalen deberán estar fabricados con especificaciones anti-fuga, de acuerdo con las normas oficiales mexicanas (NOM’s) para garantizar su funcionamiento a largo plazo y deberán instalarse de forma subterránea en el espacio destinado a áreas verdes” (Dirección General de Desarrollo Urbano, 2015). Como anteriormente se menciona, este reglamento surge en el año 2015, lo que hace que la mayoría de los parques en zonas habitacionales no cuentan con dichas instalaciones por ser desarrollados antes de esta fecha, será entonces necesario promover estas prácticas de riego en beneficio de todos los que viven en esta ciudad.

No se puede hablar de las áreas verdes urbanas sin saber la situación del agua en el mundo y sobre todo en esta ciudad, así como también del crecimiento poblacional esperado para poder proyectar un consumo estimado en un futuro a corto y largo plazo.

El agua es un recurso no renovable y limitado en el planeta, en donde menos del 1% es agua disponible para consumo humano y los ecosistemas. De este el 12% está destinado al sector municipal, el cual incluye drenajes, riego de parques y jardines, consumo humano (bebida, cocina y procesamiento de alimentos), limpieza personal,

lavado de coches, fuentes de ornato, lavado de calles e instalaciones públicas, uso recreativo, etc.

La población mundial actual a junio del 2022 es de aproximadamente 7,952,612,860 personas, las cuales cerca del 10% no tienen acceso al agua potable segura, solo en lo que va del año se han registrado más de 366,099 muertes por enfermedades ligadas al agua, esto debido a que el recurso que se consume no se encuentra del todo potable y no cumple con los niveles mínimos permitidos para este uso, será importante entonces administrar mejor este recurso y ver en donde y como se está utilizando para establecer prioridades, sobre todo a la vida humana y del medio ambiente por un asunto de equidad y justicia.

En Ciudad Juárez, donde se realiza el presente estudio, cuenta con un clima desértico y las temperaturas varían mucho de estación a estación debido a que en primavera se registran fuertes vientos y en verano temperaturas muy altas que superan los 40 °C acompañados de periodos con humedad relativa muy baja, por ello es considerada la metrópoli mexicana con el clima más extremo de la nación.

La temporada de lluvia en esta localidad dura 4.4 meses, del 13 de junio al 26 de octubre y el promedio anual por área que caen es de 255 ml, esto es 300 m³ por hectárea. Estas mediciones las llevan a cabo 2 estaciones meteorológicas de la ciudad, una ubicada en el aeropuerto internacional de la ciudad y la otra en la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez (UACJ), ubicada en Av. Del Charro.

Otro dato para considerar sobre la zona es que al estar situado entre las Sierras Madres Occidental y Oriental la región Paso del Norte se encuentra enclavada en el Desierto Chihuahuense, mismo que es formado por la deshidratación de las nubes que llegan a la zona continental central, comprendiendo desde el Sur Oeste de Estado Unidos hasta la región Centro de la República Mexicana, recibiendo cantidades mínimas de lluvia por año y connotando la Región de Cd. Juárez Chih. Mex., El Paso Tx. USA y Las Cruces NM con carencia de escurrimientos superficiales que pudieran ser utilizados como fuente de agua potable, esto con excepción del Río Bravo, el cual nace en las montañas rocallosas

de Colorado U.S.A. cuyo caudal es compartido con Estados Unidos, siendo usado el volumen que corresponde a México solo para la agricultura.

El municipio cuenta con dos depósitos o mantos de aguas subterráneas, los llamados “Bolsón del Hueco” y “Bolsón de Mesilla”. El primero constituye la principal fuente de abastecimiento de Ciudad Juárez con un casi 90% del requerimiento potable de la ciudad, según datos proporcionados por el departamento de Extracción y Distribución de la JMAS a septiembre del 2019.

De acuerdo con los datos presentados por el presidente de la Junta Municipal de Agua y Saneamiento de Juárez en su exposición del día del agua en marzo del 2007, el acuífero del Bolsón del Hueco del cual nos suministramos en Cd. Juárez se encuentra sobreexplotado, es decir, la recarga de agua que llega al acuífero es mucho menor que el volumen del que se extrae, repercutiendo esto en pérdida de almacenamiento y por lo tanto en caídas de niveles estáticos y decremento de calidad del agua.

Dado el índice de crecimiento poblacional de Cd. Juárez Chih. Mex., que en la actualidad es de 1,390,000 ciudadanos y se estima un incremento a 1,787,710 habitantes para el 2030 según datos proporcionados por el Instituto Municipal de Investigación y Planeación (IMIP) delegación Ciudad Juárez, Chih., es necesario desarrollar esquemas de contingencia para prevenir posibles problemas por la escasez del agua en la región, así como planes o programas de abastecimiento más allá de los existentes elaborados por el organismo operador de agua, los cuales garantizan abastecimientos proyectados para futuros muy cercanos sin garantizar la perdurabilidad a largo plazo.

De acuerdo a la Organización Mundial de la Salud (OMS), una persona requiere diariamente al menos de 100 litros de agua para satisfacer sus necesidades tanto de consumo como de higiene, sin embargo, según CONAGUA, el consumo promedio en México es de 380 litros de agua por persona; de acuerdo a datos proporcionados por IMIP con fecha del año 2010, el consumo en Ciudad Juárez fue de 319 litros diarios por habitante, y con datos más recientes, la JMAS calculó de septiembre del 2018 a septiembre del 2019 un estimado de 305 litros diarios por habitante.

Existe la Norma Oficial Mexicana NOM-003ECOL-1997, la cual señala los límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas que se reúsen en servicios al público y dentro de esta norma se define lo siguiente: Aguas residuales, son las de composición variada provenientes de las descargas de usos municipales, industriales, comerciales, de servicios agrícolas, pecuarios, domésticos, incluyendo fraccionamientos y en general de cualquier otro uso, así como la mezcla de ellas. Aguas residuales tratadas, son aquellas que mediante procesos individuales o combinados de tipo físicos, químicos, biológicos u otros, se han adecuado para hacerlas aptas para su reúso en servicios al público.

Reúso en servicios al público con contacto directo, es el que se destina a actividades donde el público usuario esté expuesto directamente o en contacto físico. En lo que corresponde esta Norma Oficial Mexicana se consideran los siguientes reúsos: llenado de lagos y canales artificiales recreativos con paseos en lancha, remo, canotaje y esquí; fuentes de ornato, lavado de vehículos, riego de parques y jardines.

El siguiente trabajo se enfoca en el uso de agua destinada a el riego de parques y jardines urbanos que en la actualidad utiliza agua potable en su gran mayoría y más específicamente, se pretende encontrar la manera de cambiar el agua potable por aguas residuales tratadas y/o cosecha de lluvia para el riego de árboles, flores y plantas que son solo de ornato.

Es importante conservar las zonas verdes y aún hacer más, no solo porque estas absorben el agua de la lluvia evitando inundaciones, también proporcionan oxígeno, absorben contaminantes del aire, refrescan el ambiente (algo que en esta zona desértica se agradece mucho), ofrecen espacios para el esparcimiento, albergan otras especies como insectos y aves que dependen de sus ramas para vivir o los frutos que les proporcionan alimento, etc.

Las áreas verdes urbanas favorecen el bienestar de las personas en diversos problemas emocionales y sociales. El contacto con la naturaleza en la ciudad permite reflexionar, relajarse o reducir el estrés y es por eso que los espacios verdes urbanos son considerados imprescindibles para el bienestar físico y emocional social.

El presente estudio pretende encontrar una alternativa de riego para parques y jardines y se plantea instalar un sistema de cisterna que sea abastecida con agua de lluvia y agua residual tratada llenada por pipas que la Junta Municipal de Aguas y Saneamiento de la ciudad surta y que se conecte al sistema ya existente de riego de un fraccionamiento de la ciudad, el cual fungirá como objeto de estudio para el presente trabajo.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En este capítulo se describe el problema de investigación la cual señala el objetivo de la presente tesis.

2.1. Descripción del Problema

Se está desperdiciando el agua potable utilizándola para el riego en parques y jardines de Ciudad Juárez, en lugar de utilizar otro tipo de agua para riego como la tratada o cosecha de lluvia.

2.2. Pregunta de Investigación

¿Qué tan viable será un proyecto de infraestructura basado en la recolección de agua por cosecha de lluvia y/o agua tratada para el riego del parque la Joya del fraccionamiento Quinta Esmeralda y así reducir el uso del recurso hídrico potable?

2.3. Hipótesis

Alternativa del proyecto de infraestructura en la recolección de agua diferente a la potable para el riego del parque la Joya logrará un ahorro en el consumo y el costo del agua a mediano plazo.

2.4. Objetivo General

Cambiar el esquema de riego actual del parque La Joya que es solo con agua potable por un sistema híbrido que incluya agua tratada, recuperada y/o cosecha de lluvia para ahorrar suministros potables del Bolsón del Hueco.

2.5. Justificación

Informes locales afirman que habrá de darse un desabasto del suministro de agua para el año 2030 por parte del acuífero de el Bolsón del Hueco que es la principal fuente de abasto para Ciudad Juárez, Chih., poniendo en riesgo la sustentabilidad de la ciudad. La Junta Municipal de Agua y Saneamiento (JMAS) informa que el 35% del consumo de agua potable es destinado al riego de áreas verdes y el 65% al uso doméstico, comercio, industria, agricultura, etc. Si se sustituye o disminuye el uso de agua potable para riego de parques por la tratada y/o por cosecha de lluvia, el recurso ahorrado podrá ser utilizado para consumo humano. Las áreas verdes urbanas tienen varias funciones importantes para la ciudad y sus habitantes, por lo que no sería recomendable prescindir de ellas dejando de regarlas.

2.6. Delimitaciones

La conveniencia del uso de agua tratada y agua de lluvia en sustitución o disminución de agua potable en el riego del parque del fraccionamiento antes mencionado deberá estar justificada por costos de agua potable contra los de adecuar un sistema diferente de riego.

3. MARCO TEÓRICO

En este capítulo se presenta información relevante al tema del uso inadecuado que se le ha dado al agua potable al utilizarla en el riego de parques y jardines urbanos. Se abordan temas relacionados a la importancia de las áreas verdes, legislación y diferentes alternativas para darle solución a una mejor administración del recurso hídrico. Se incluye el uso del análisis de costos para encontrar la mejor y más viable forma de contribuir en el ahorro de agua potable incorporando el uso de agua tratada y de lluvia, así como de las mejores alternativas de riego.

3.1. Importancia del Uso Adecuado del Agua y de las Áreas Verdes Urbanas

Los científicos advierten que en este siglo podría reducirse el acceso al agua potable segura, al fundirse los glaciares y hacerse más frecuente la sequía en zonas terrestres, sometiendo a una presión todavía mayor a la flora y la fauna que padecen ya las repercusiones de la urbanización y el cambio climático. El suministro de agua es un servicio de aprovisionamiento, un material básico y de regulación que gobierna el clima y la meteorología permitiendo el funcionamiento de nuestro planeta. Por tanto, hay que gestionar y proteger el agua, que no es un mero producto de consumo sino un precioso recurso natural tan esencial para las generaciones futuras (Paredes Días, 2013).

A nivel mundial, sobre todo en países desarrollados, el recurso del agua se ha visto amenazado por proyectos de desarrollo urbano e industrial no planificados, la deforestación y el cambio en el uso del suelo. Otras fuentes de agua superficial y subterránea ya no proveen agua de buena calidad y las sequías afectan su disponibilidad (Salas-Platas Mendoza, 2006).

Según reporte de la Organización de las Naciones Unidas con fecha del 16 de mayo del 2018, señala que el 68% de la población mundial vivirá en ciudades para el 2050, a diferencia del 55% de hoy. Tan solo ahora el porcentaje de población urbana en América Latina es del 81%. El documento también hace la observación de que la urbanización tiene que ver con tres pilares del desarrollo sostenible: el económico, social y ambiental. Este documento es entonces una herramienta útil para los planificadores de políticas urbanas y desarrollo en general. A consecuencia de este aumento en la población es importante tomar medidas sobre una mejor administración de consumo y usos del agua. No todas las actividades que requieren agua, necesariamente tienen que ser de tipo potable o no todas tienen que utilizar los mismos métodos acostumbrados (Noticias_ONU, 2018)

En zonas donde el clima es especialmente árido, es importante ubicar jardines de acuerdo con la paleta vegetal recomendada por el municipio de la localidad. Los beneficios pueden ser de tipo biológico y ecológico, por ello se toman en cuenta algunos aspectos relevantes como la selección de especies nativas, esto para que no dependan de cuidados externos, sobre todo en épocas de sequía. Otro aspecto será el de la fisionomía del desarrollo, que tomará en cuenta las dimensiones de cómo crecerán esas plantas y/o árboles para ubicar el espacio físico donde colocarlas. También se deberá tomar en cuenta el requerimiento hídrico y las propiedades paisajistas. Este último aporta beneficios adicionales a lo visual como barrera de vientos, disminución de asoleamiento, aporte de sombras, refugio de biodiversidad, entre otras (IMPLAN Hermosillo, Ayuntamiento 2015-2018).

Las personas que experimentan cercanía a las áreas verdes naturales o parques urbanos que contengan pastos, plantas, arboles, fuentes, estanques, caminos y trayectos diseñados para jardines, aumentan su salud mental. En nuestros días, la urbanización ha estado asociada con la tasa de incremento en enfermedades mentales alrededor del mundo, tales como la depresión y el estrés, es por ello que cobran importancia estas áreas verdes en zonas altamente pobladas (Barnes et al., 2019).

Está pronosticado que, debido al calentamiento global, cada vez más ciudades en el mundo experimentarán temperaturas más altas a las normales y que la tierra será también cada vez más árida. Por lo que la creación de una estructura de plantas, árboles, césped, por mencionar algunos elementos en áreas verdes urbanas, cobra importancia por los efectos refrescantes en el ambiente y la relativa humedad que conservan estas zonas. La densidad de un pabellón que contenga el área verde estará directamente relacionada al enfriamiento y humedad del ambiente, sobre todo entre las horas más calientes del día que son entre las 9:00 am y las 3:00 pm (Yang, Wang, Liu, & Zhang, 2019).

Un estudio realizado en China habla de lo que llaman “isla de calor urbano” (Urban heat island, UHI) que es el efecto que causa el calor que produce la urbanización, afirma que la utilización de cuerpos de agua causan un efecto refrescante en el ambiente y que la distancia que se ve influenciada por ese efecto es de alrededor de 800 m a la redonda en un espacio horizontal y que el máximo efecto refrescante será de 3.02°C menor. En espacios donde se encuentran áreas verdes existe una correlación con estos cuerpos de agua en un rango de 200 mts. en el efecto refrescante, esto dependiendo de la concentración de vegetación del lugar, será la variación del efecto que haga reducir las temperaturas de la zona en donde se pretende bajar el calor (Wu, Zhang, 2019). Numerosos estudios muestran que el incremento de áreas verdes puede bajar considerablemente las temperaturas del UHI. La correlación encontrada fue que al incrementarse en un 10% el porcentaje cubierto de áreas verdes (percent cover of greenspace, PLAND) resultó en un 0.86°C menor en la temperatura del ambiente aproximadamente (Li, Zhou, Ouyang, Xu, & Zheng, 2012).

Hablando de planeación urbana dentro del área del paisajismo, las áreas verdes de las ciudades aportan algunos beneficios como el abatimiento de aguas pluviales que pudieran causar inundaciones. Esto debido a la planeación de infraestructura llamada verde que dará como resultado zonas absorbentes del exceso de lluvia o puntos de absorción pluvial. Otros beneficios son incluidos debido a esta infraestructura, como el de mejor calidad del aire en las ciudades, espacios verdes, aminoramiento del calor y conectividad con el paisaje y el medio ambiente (Meerow & Newell, 2017).

Se ha encontrado que existe relación entre el precio en que se cotizan algunas zonas habitacionales urbanas y las características de los jardines a sus alrededores. Un estudio realizado en la ciudad de Barcelona da como resultado que en zonas que cotizan con menor valor, las áreas verdes se riegan por debajo del requerimiento agronómico y los espacios de los jardines son más reducidos, mientras que, en zonas con mayor valor de la propiedad, aunque existe mayor eficiencia en el riego de parques y jardines, esta queda contrarrestada por la presencia de especies altamente consumidoras de agua, césped, sobre todo. Las preferencias sociales por jardines de este tipo parece entonces estar relacionado con el poder adquisitivo y por ello una repercusión en los elevados consumos de agua (Domene Gómez, 2003).

3.1.1. Agua Disponible para Suministro a Ciudad Juárez, Chih.

Ciudad Juárez cuenta con 2 fuentes principales de suministro de agua que comparte con la vecina ciudad de El Paso Texas, ambos de tipo subterráneo. El primero es el Acuífero del Bolsón del Hueco de donde se obtiene el 70 % del agua que en la ciudad se consume y que se estima que para el año 2030 el recurso hídrico utilizable de esta fuente estará agotado. El segundo es el Acuífero de Mesilla, del cual se obtiene el 30% del total de suministro de la ciudad, según información proporcionada por la oficina de Cultura del Agua de la Junta Municipal de Agua y Saneamiento (JMAS) de Ciudad Juárez, Chih.

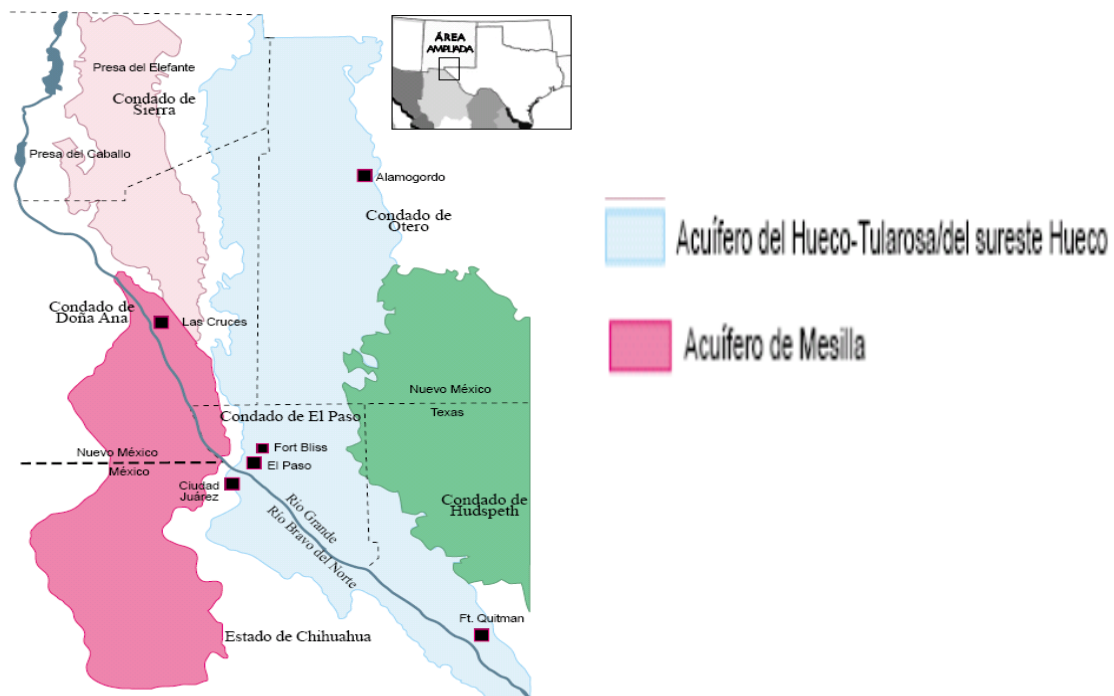


Figura 3.1 Recursos de Agua en la Región Paso del Norte (Salas-Platas Mendoza, 2006).

En entrevista con la oficina antes mencionada señala que, actualmente existe un aproximado de 4,900 familias en Ciudad Juárez que no cuentan con un sistema de agua por línea entubada, esto por tratarse de zonas alejadas de la ciudad, por lo que la JMAS de la ciudad les hace llegar agua potable por medio de pipas; la dotación semanal por familia se estima en 2 mts³ repartiéndose de manera gratuita. Cualquier necesidad de agua adicional tendría que ser solicitado por estas familias a empresas particulares de suministro de agua con un costo. En contraste el 80% de los usuarios de la red de agua potable de la ciudad consume unos 25 mts³ por casa al mes (AGUA, J. C. D. ,2019)

3.1.2. Legislación

Desde el año de 1944 existe el tratado de Aguas Internacionales entre México y Estados Unidos el cual especifica que la contabilidad en la entrega de aguas a los Estados Unidos se lleva por ciclos de 5 años consecutivos y en caso de faltantes que hubieren se repondrán en el ciclo siguiente (Secretaría_de_Relaciones_Exteriores, 1944), para el año de 1999 a causa de un faltante de 1,775 Mm³ por la sequía intensa que atravesaba México se dieron una serie de negociaciones intensas entre ambos países en la que se argumentó que México no podría cumplir con dicho tratado. A causa de este conflicto y para el año 2001 ambos países firmaron el acta 307 de la Comisión Internacional de Límites y Aguas (CILA) en donde se hace la recomendación de que ambos países trabajen en conjunto para la toma de medidas de cooperación en el manejo de sequías (CILA, 2001).

Es a partir de esa fecha que se han dado una serie de acuerdos binacionales contenidos en varias actas de acuerdo con situaciones específicas como desastres naturales o conflictos de intereses locales. Cabe señalar que actualmente no existe un tratado de aguas subterráneas entre México y Estados Unidos, los asuntos relacionados a conflictos transfronterizos relacionados a el agua son atendidos en cada caso por la CILA ya que existen aún diferencias entre ambos países respecto a la legislación y jurisdicción de las aguas subterráneas. El Acta 242 del CILA prevé que en un futuro se alcance un acuerdo de alcance general en materia de aguas subterráneas (CILA, 1973). Aun así, se cuentan con informes, estudios y modelos binacionales para llegar a acuerdos que convengan a ambas partes por medio de un documento llamado "Base de Datos Binacional del Acuífero Transfronterizo" (J. d. C. J. CILA, Chih., 1998). Este dato cobra importancia especialmente en la zona de Ciudad Juárez por compartir los acuíferos Hueco-Tularosa y el de Mesilla (Secretaría_de_Relaciones_Exteriores, 2019)

En materia de vegetación local el Reglamento de Desarrollo Urbano Sostenible del Municipio de Juárez, 2015 señala en el artículo 162 sección IV, “La vegetación deberá ser nativa de la región o adaptada a ella y resistente a la sequía” y de la sección V. “Consumir el mínimo de agua, de tal forma que no se necesite riego más que el provisto por el agua pluvial, y que solo en casos extremos de sequía pueda requerir agua tratada de la ciudad” (Gobierno_del_Estado_Libre_y_Soberano_de_Chihuahua, 2015).

3.1.2.1. Legislación Sobre Agua Tratada o de Reúso

En el acuerdo No. 079 del Reglamento de Ecología y Protección ambiental del municipio de Juárez, Chih. Se establece en el artículo 191 sobre la prevención y control de la contaminación del agua sección IX “El agua tratada es una opción viable para el riego de áreas verdes a cargo del municipio” lo que debiera aplicarse también a parques y jardines urbanos en fraccionamientos residenciales (Gobierno_del_Estado_Libre_y_Soberano_de_Chihuahua, 2015).

Existen Normas Oficiales Mexicanas como la NOM-003-ECOL-1997 en donde se especifican niveles máximos permisibles de contaminantes para dos tipos de aguas de reúso, el primero referente a servicios públicos con contacto directo, estos son destinados a donde el público usuario esté expuesto directamente o en contacto físico sin que esto repercuta directamente a la salud, un ejemplo donde pudieran ser utilizados es el riego de parques y áreas verdes urbanas. El segundo tipo de reúso es el que da servicios al público con contacto indirecto u ocasional, que es el que se destina a actividades donde el público esté expuesto indirectamente o en contacto físico incidental y en donde su acceso esté restringido por barreras físicas o personal de vigilancia (Secretaría_del_Medio_Ambiente, 1998).

3.2. Alternativas de Riego en Áreas Verdes Urbanas

A continuación, se mencionan algunas opciones de obtener el agua para riego en parques y áreas verdes urbanas de forma diferente a la opción potable y algunas formas de mejorar esta actividad.

3.2.1. Agua Tratada o de Reúso

El uso de agua tratada o recicladas empleadas en el riego de áreas verdes urbanas, enfriamiento de maquinarias industriales como calderas, generación de energía, fuentes de riego para la agricultura, etc., se ha visto incrementado debido a la escasez del recurso hídrico que existe en muchos lugares del planeta. Esta parece ser una alternativa viable, sobre todo en áreas semiáridas donde el recurso es poco (Dery et al., 2019)

Existe una fuerte presión por parte de la sociedad en utilizar aguas residuales tratadas para algunos propósitos que incluyen cosechas de plantas como arroz, alfalfa, algodón y áreas verdes urbanas cuando esta escasea. Sin embargo, este recurso también se encuentra limitado, por lo que habrá de recurrir a planes municipales para garantizar una buena administración del bien hídrico (Ilias, Panoras, & Angelakis, 2014).

La calidad del agua para el consumo humano en algunas actividades domésticas incluidas las que tengan que ver con cosechas de vegetales y el riego de áreas verdes, no necesariamente tendrá que ser la mejor. Una Alternativa para sustituir el vital líquido d tipo potable será la utilización de aguas grises tratadas, sin embargo habrá que tomar en cuenta que se adquieren algunos riesgos de salud y por ello se recomendará un proceso de desinfección previo a su uso, utilizando tecnologías de tipo biológicas (Laaffat, Aziz, Ouazzani, & Mandi, 2019).

La utilización de un sistema de riego para jardines y huertos caseros con agua tratada proveniente de aguas grises es una práctica que se ha vuelto popular en algunos países de clima árido en donde se estima que normalmente el consumo de agua para estos fines es de aproximadamente 40% del total de las actividades que requieren del líquido en la temporada de verano. Un estudio realizado en Omán, con un terreno que abarca desiertos, probó un sistema de tratamiento de aguas grises casero en donde el costo de la instalación se recuperaba en un lapso de 2 años, después de ese tiempo se reportaron ahorros en el consumo del recurso hídrico. Solo habría que tomar en cuenta que el sistema requería mantenimiento regularmente, sobre todo en la parte superior de los filtros. Parece ser que la utilización de este tipo de agua en zonas áridas del planeta ya no es una alternativa que pueda desecharse, sobre todo si se toma en cuenta el desperdicio o el mal manejo del recurso (Al-Ismaili et al., 2017).

3.2.2. Cosecha de Lluvia

En una localidad de África fue probado cosechar lluvia desde los techos de algunas casas para obtener por medio de esta técnica agua segura para consumo humano. El propósito del experimento fue el de observar bacterias provenientes de contaminación fecal de aves que el agua arrastra de los techos y que pudieran ser tratados por medio de la técnica SODI (Desinfección solar del Agua), los resultados indicaron que el agua fue insegura de tomar sin este tratamiento que probó ser efectivo. En este caso se infiere que el agua proveniente de la lluvia no puede ser tan fácilmente utilizada para consumo humano, sin embargo existen otros usos a los que se le pudiera destinar, como ejemplo, riego de parques y áreas verdes urbanas (Nalwanga, Muyanja, McGuigan, & Quilty, 2018).

(Clark, Jamal, & Weidhaas, 2019) mencionan que el agua obtenida de la cosecha de lluvia, principalmente en los Estados Unidos es más común utilizarla para riego, esto por contener bacterias que representan un riesgo de salud para consumo humano. Utilizando el agua de esta técnica en un huerto de lechugas, se encontraron bacterias en el vegetal, sin embargo, dejando de regar el huerto con esa agua un día antes de ser cosechado reduciría el riesgo de contener contaminantes. Esta reducción de peligro para un consumidor no será suficiente porque siempre existirá la duda de si se está en riesgo de salud por consumir el vegetal, lo que nos lleva a considerar utilizar ese recurso hídrico en otra área que no represente un riesgo de salud.

Los efectos del cambio climático son un punto para considerar al momento de proponer un modelo o sistema de recolección de agua mediante cosecha de lluvia, por ello será importante llevar un registro de las épocas del año en donde llueve y la cantidad aproximada recolectada, esto será importante ya que las condiciones climáticas y los ciclos de lluvia están sufriendo cambios en el mundo. Revisando los registros históricos de lluvias en la región se podrá entonces proponer un modelo en donde sea especificado tamaño de recolectores y espacio disponible para colocarlos, también se considerará la inversión disponible del sistema y probable tiempo de vida. Pudiera parecer que esta inversión es excesiva si es que en la actualidad se cuenta con un sistema de agua potable municipal, sin embargo, se observa que el problema de acceso al agua y escasez es algo que agobia a la mayoría de las poblaciones urbanas por lo que será importante considerar cambiar algunas prácticas del uso del agua para un mejor manejo de este recurso imprescindible para la vida (Kisakye & Van der Bruggen, 2018).

3.2.3. Riego por Goteo

El riego por goteo es una técnica que data de los años 60's en los Estados Unidos de América, sin embargo esta no fue difundida y utilizada sino hasta los años 80's. Esta técnica probó su efectividad en cosechas en más o mejor medida que la del riego tradicional ya que con la técnica de goteo se requirió de menor cantidad de agua. Existe información disponible en cuanto al diseño, instalación y administración de sistemas de goteo sobre la superficie. Una cantidad significativa de información se encuentra disponible para determinar las ventajas y desventajas de este método de riego en comparación con los de otro tipo. Ésta parece ser la alternativa ideal para bajar los costos y consumos del agua y evitar la evaporación del recurso para mejorar la eficiencia de riego en cosechas y áreas verdes (Camp, 1998).

Los suministros de agua en el mundo a cause del calentamiento global serán cada vez más escasos y la demanda del recurso hídrico en la agricultura se verá incrementada a causa del incremento de la población. El sistema de riego por goteo puede proporcionar una manera más eficiente de utilizar el agua para riego. Para ello habrá que tomar en cuenta algunas consideraciones técnicas para su aplicación, estas incluyen el problema de encontrar como almacenar el recurso por lo que será necesario localizar un lugar físico para ubicar pozos o cisternas y con ello los costos que generaran los insumos para lograrlo. Otro punto para considerar es el de la destrucción que la vida silvestre puede causar, estos pueden ser raíces de árboles que se encuentren cerca y dañen el lugar de almacenamiento o animales que puedan causar contratiempos a las instalaciones de almacenaje (Friedlander, Tal, & Lazarovitch, 2013).

3.2.4. Programas de Concientización para Mejoramiento en Sistemas de Riego

La Junta Municipal de Aguas y Saneamiento (JMAS) Juárez, se encuentra en la actualidad haciendo campaña de concientización del problema de suministro de agua para la ciudad debido al crecimiento poblacional y el nivel de consumo del agua que viene con él, señalando que se para el 2030 el recurso hídrico se encontrará en un nivel de abasto crítico. Entre las posibles soluciones se menciona el riego de parques y jardines utilizando el agua tratada en donde se estima que en la actualidad utiliza el 35% del agua potable de la ciudad. Pese a la recomendación, aún faltan acciones concretas por llevar a cabo como formalizaciones de programas estructurados. Recientemente se firmó un acuerdo que involucra a la JMAS y la Dirección General de Parques y Jardines de Ciudad Juárez, Chih. para poner sistemas de riego en parques urbanos en fraccionamientos de unidades habitacionales con cisternas que sean surtidas con agua tratada, esto debido a que la Línea Morada no llega a toda la ciudad. Es importante señalar que la JMAS en entrevista menciona que debido al desabasto que la ciudad presentará, es posible que se lleven a cabo acciones extremas como el corte de suministro de agua potable para fines de riegos en áreas verdes urbanas, lo que traería consecuencias negativas para la ciudad a corto y largo plazo. Llevar a cabo acciones concretas como la que se plantea, solucionaría desde ahora un problema que en un futuro se prevé ocurra ((JMAS), 2019)

Entre los programas de concientización, la Dirección General de Parques y Jardines de Ciudad Juárez, Chih. está llevando a cabo de manera gratuita en sus instalaciones y escuelas, cursos de capacitación a la ciudadanía sobre la manera de habilitar zonas áridas en áreas verdes y de cómo mantenerlas. Ofrece también donación de árboles y plantas de ornato que se encuentran dentro de la paleta vegetal autorizada por el Instituto Municipal de Investigación y Planeación de Ciudad Juárez (IMIP) que son las especies resistentes a tipo de clima de la región, capacitación y ayuda técnica para la instalación de sistemas de riego por goteo por cisternas colocadas en el punto donde estos sitios se ubiquen y de elaboración de compostas.

3.2.5. Eliminación de Parques y Jardines

En la creación de modelos para ciudades compactas se prevén estrategias para crear espacios sustentables. Esto implica considerar la eliminación de espacios verdes para el ahorro de agua. Habría que tomar en cuenta a largo plazo el impacto en la calidad del ambiente que generaría. Debido a este argumento es que se puede tener un efecto negativo en encontrarse lejos de espacios verdes (Wolsink, 2016).

La eliminación de riego en áreas verdes urbanas a causa de una contingencia por sequía, traería consecuencias negativas ya que estos espacios verdes proporcionan beneficios como el mejoramiento del clima urbano reduciendo el efecto isla de calor, ahorro de energía para climatizar, disminución de gases efecto invernadero y partículas nocivas suspendidas en el aire, absorción del ruido, recarga de acuíferos, reducción de la erosión del suelo, mejoramiento de la biodiversidad, mejor salud física y mental a la comunidad, reducción del gasto en manejo y control de aguas pluviales, aumento en la calidad de vida, valor del suelo, etc. Como se observa, el daño por falta de mantenimiento o prescindir de estos espacios no es menor (Instituto Municipal de Investigación y Planeación de Ciudad Juárez, 2016).

3.3. Análisis de Alternativas de Riego en Áreas Verdes Urbanas

Identificar las reglas de valor en un proceso de toma de decisiones para administrar una operación puede llegar a ser una tarea complicada. Aunque las situaciones pueden ser distintas en cada caso, existen principios básicos para llevarlas a cabo; la primera será tener claro el problema y definirlo, la segunda el recopilar toda la información posible para poder definir posibles soluciones y la tercera llevar a cabo la mejor alternativa. Para lograrlo se puede utilizar algunos procedimientos formales tales como: análisis de punto de equilibrio,

la matriz de preferencias, teorías de decisiones y el árbol de decisiones (KRAJEWSKI, RITZMAN, & MALHOTRA, 2008).

Debido a que en algunos lugares del mundo padecen ahora los estragos de la falta de agua para cultivos, es que utilizar herramientas como técnicas de análisis para dar soluciones concretas se vuelve relevante. Un estudio realizado en una región de Irán se interesó en el requerimiento hídrico de las plantas de una granja para que no sufrieran de falta de agua y se marchiten, pero que tampoco este fuera excesivo. Surgió el interés de crear un modelo de planificación de recursos hídricos para especificar el método de asignación de agua. Para llevar a cabo el estudio utilizaron un modelo de programación lineal como mejor opción por su simplicidad. Esta misma técnica podría utilizarse para ver el requerimiento hídrico en parques de zonas residenciales (Daghighi, Nahvi, & Kim, 2017).

Para llevar a cabo planes de cuidado en áreas verdes hay que tener presente que este siempre tendrá un costo, ya sea por parte de municipalidades o los ciudadanos que estén a cargo de parques y jardines urbanos. En el supuesto de que existe un interés de parte de la sociedad de mantener y cuidar estas áreas utilizando tecnologías como la de riego por goteo con agua tratada aún en épocas de sequía extrema, será importante manejar el aspecto económico para que sean más visibles los beneficios económicos a corto, mediano y largo plazo, haciendo más concreto el plan que sea llevado a cabo. Por medio de un análisis de costos a valor presente será posible hacer un comparativo de las ventajas de llevarlo a cabo.

“ De acuerdo con la teoría de la utilidad el hombre siempre buscará mayor satisfacción y, en consecuencia, más dinero. Ésta es la base de la toma de decisiones de inversiones monetarias en las economías capitalistas y se le ha llamado "conducta económica racional" ” (Urbina, 2007).

3.4. Análisis de Reemplazo

Esta técnica que involucra la ingeniería económica cuenta con ciertas reglas y modelos para considerar cuando es económicamente viable reemplazar ya sea la infraestructura con que realiza alguna actividad o el método de llevarlo a cabo. Esto involucra métodos matemáticos en donde se analiza el valor del dinero a través del tiempo del sistema tradicional denominado “Defensor” contra el nuevo modelo para tomar la mejor decisión posible (Fraser & Posey, 1989, pp. 43-57).

Para determinar si la infraestructura o el método de llevar a cabo cierta actividad que involucre costos es la adecuada, es necesario plantearse si existe obsolescencia debido a cambios de puntos de vista como el ambiental, el económico o el tecnológico. Los costos de operación influyen fuertemente en la toma de decisiones que involucra un reemplazo a través de métodos estocásticos (Hartman, 2004).

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Materiales

Computadora: Procesador: Intel ® Core [™] i5-7200U CPU @2.50 GHz 2.71 GHz

Memoria Ram: 6.00 GB (5.89 GB usable)

Sistema Operativo: Windows 10 Home

Programas: Excel, Autocar, SketchUp, Word

Documentos:

- Reporte del año 2020 de cantidad de lluvia con fecha y horas que en Ciudad Juárez cayó, proporcionado por Laboratorio de Climatología y Calidad del Aire de la UACJ
- Tarifa para el cobro del Servicio Público para el año 2021 de la Junta Municipal de Agua y Saneamiento de: Juárez (JMAS Juárez), documento público publicado por La Secretaría de Gobierno del Estado de Chihuahua en el periódico Oficial con fecha del 26 de diciembre del 2020
- Plano de la obra civil del proyecto de captación de agua de lluvia en Autocad
- Cotización de la obra civil, materiales y mano de obra del proyecto de captación de agua de lluvia
- Fotografías del sitio donde se ubicaría la obra civil del recolector de agua de lluvia en un día lluvioso
- Representación de la obra civil del proyecto de captación de agua de lluvia en 3D en SketcgUp

- Mapas topográficos de la zona aledaña al donde se pronostica ubicar la obra civil del proyecto de captación pluvial
- Tarifas de costos de energía eléctrica 2021 por la Comisión Federal de Electricidad (CFE)encontradas en un simulador de la misma dependencia: <https://rte.mx/simulador-recibo-cfe-calculadora>
- Tarifas para el cobro del servicio público de la JMAS Juárez de los años 1998 al 2019
- Folleto informativo de la JMAS Juárez 2019, del departamento de Cultura de agua, titulado “¿Por qué usar agua tratada para regar nuestras áreas verdes?”
- Listas proporcionadas por la JMAS Juárez 2019
- Plantas de tratamiento en Ciudad Juárez, privadas y gubernamentales con capacidades de producción de agua
- Resumen y desglose en M^2 de áreas verdes regadas con agua tratada en la ciudad
- Infraestructura, capacidad instalada y producción actual de las principales plantas tratadoras de agua en Ciudad Juárez
- Volumen en m^3 de cantidad de agua extraída de septiembre 2018 a septiembre 2019 del bolsón del Hueco y del Bolsón Mesilla por la JMAS Juárez
- Bitácora de riego con pipas a áreas municipales con cantidades en litros de los meses de julio a septiembre del 2019
- Reporte de distribución de agua potable a familias en pipas en litros de enero a abril 2019
- Reporte de Número de viajes de pipas de agua potable y M^3 de enero a mayo del 2019

- Reporte de Distribución de agua en KMS en metros cúbicos para casas, escuelas, purificadoras de los meses de enero a mayo 2019
- Reporte de producción de agua en metros cúbicos del 2010 al 2018
- Mapa de la línea morada que lleva agua tratada a la ciudad
- Dato de cuentas registradas de parques que cuentan con medidor
- Agua tratada producida, enviada a la red, cobrada y donada con calidad 20/20 de enero 2019 a agosto 2019
- Diagnóstico de cantidad de áreas verdes
- Propuesta de riego en lts/mt² para parque LA Joya tomando en cuenta cantidad de especies de plantas y árboles
- Información proporcionada por el Instituto Municipal de Investigación y Planeación de Ciudad Juárez (IMIP Juárez)
- Registro promedio de caída de lluvia en la región de Juárez-El Paso desde 1879
- Disponibilidad de agua, consumo promedio en m³ por persona al año
- Mapa de línea morada y plantas tratadoras en la ciudad, kilómetros utilizados y kilómetros preparados para utilizarse a futuro
- Mapa a detalle de la traza urbana de Ciudad Juárez sobre los 3 parques del fraccionamiento Quinta Esmeralda en donde se encuentra el parque La Joya para medir área y ver ubicación de áreas verdes.
- Porcentaje de aguas residuales que están siendo sometidas a alguna forma de tratamiento de los años 2010, 2005 y 2000 y capacidades de operación
- Indicador 17: Áreas verdes, proporción de superficie total, con indicadores aceptables por habitante según la Organización Mundial de la Salud (OMS) contra los reales del año 2010
- Dirección General de parques y Jardines, municipio de Ciudad Juárez

- Reporte de áreas verdes contabilizadas en el municipio en mts² y estimación de riego en litros.
- Banxico, del documento “Encuesta sobre las Expectativas de los Especialistas en Economía del Sector Privado: junio de 2021”; se toma el cuadro 5. “Expectativas de largo plazo para la inflación”
- Revisión de varios artículos de investigación en revistas de difusión científica, actas, reglamentos, acuerdos binacionales, estatales y municipales y notas periodísticas.

4.2. Metodología

En este apartado se muestra el orden en que fueron realizadas las actividades necesarias para llegar al resultado de esta tesis.

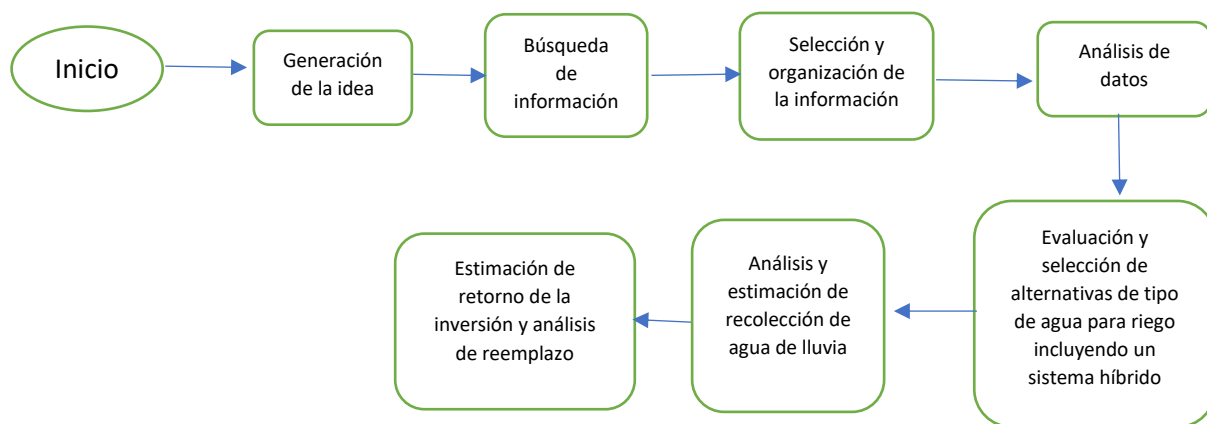


Figura 4.1 Diagrama de Flujo de Metodología

4.2.1. Generación de la Idea

Todo comienza con una presentación por parte del Departamento de Cultura del agua de la Junta Municipal de Agua y Saneamiento (JMAS) Ciudad Juárez al comité vecinal del fraccionamiento Quinta Esmeralda. En aquella reunión se hace la recomendación de cambiar el tipo de agua para riego de los 3 parques de potable a tratada, por ser el fraccionamiento quien tiene a su cargo el mantenimiento. A primera impresión pareciera una muy buena idea y fue ahí donde surge la inquietud de comenzar a hacer una búsqueda de posibilidades para la realización de la presente tesis.

4.2.2. Búsqueda de Información

En primer lugar, se busca la toma de agua de donde se abastecen los parques del recurso hídrico y se comprueba que el sistema de riego por aspersión instalado por parte de la constructora encargada del proyecto inmobiliario se encuentra conectado a la red de agua potable que abastece a todas las casas y negocios de la zona.

Posteriormente se hace una búsqueda de información variada como de donde se abastecen las tomas de agua y se llega a saber que proviene de acueductos que extraen el líquido de un total de 190 pozos de diferentes capacidades y estos a su vez provienen de 2 fuentes subterráneas llamadas Bolsón del Hueco y Bolsón de Mesilla. Después de esto se hace una investigación de acuerdos binacionales entre México y Estados Unidos ya que por encontrarse Ciudad Juárez en la frontera con la ciudad de El Paso en el estado de Texas comparten prácticamente el mismo espacio de abastecimiento de agua. De esto se encuentra que las 2 ciudades han tenido que hacer varias reuniones, actas, acuerdos escritos a lo largo de su historia.

Del agua potable disponible en la zona, situación e implicaciones para su uso fue importante investigar de fuentes varias como el Instituto Municipal de Investigación y Planeación de Ciudad Juárez (IMIP), Gobierno de México, Gobierno del estado de Chihuahua y entrevistas a distintos departamentos involucrados de la Junta Municipal de Agua y Saneamiento (JMAS) Juárez, dependencias municipales tales como Dirección de Parques y Jardines y el Laboratorio de Climatología y Calidad del Aire de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez (UACJ). De tal búsqueda se encuentra una muy variada y amplia información disponible.

Al mismo tiempo se revisaron varios artículos de investigación en revistas de difusión científicas relacionadas al tema del agua, riego, beneficios de mantener las áreas verdes, etc., se revisan páginas oficiales como la de la Organización mundial de la salud (OMS), Organización de las Naciones Unidas (ONU), algunas notas de periódicos, documentos, reglamentos y consultas a libros.

4.2.3. Selección y Organización de la Información

De la información obtenida de las distintas fuentes se selecciona solo un grupo de ellas, ya que para entonces varias opciones fueron descartadas, la más relevante fue que el fraccionamiento se encontraba lejos y fuera del rango de toma de la línea morada, la cual transporta agua tratada por sus propias tuberías y es la adecuada para el riego a parques.

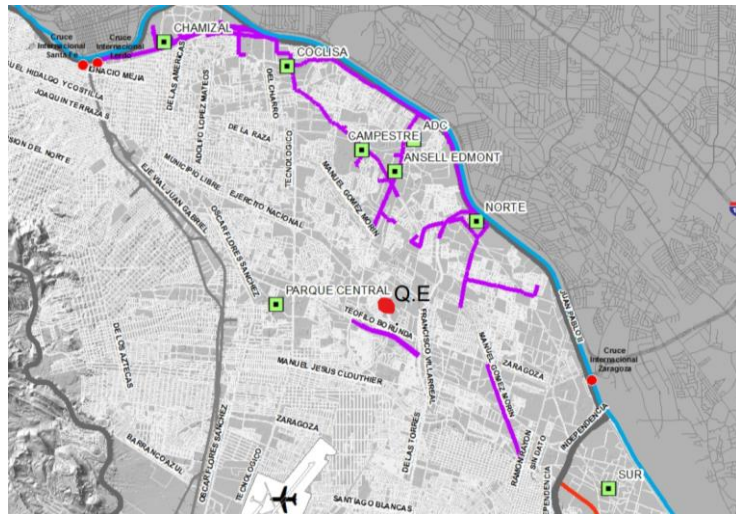


Figura 4.2 Mapa de la Línea Morada en Ciudad Juárez. Punto Rojo Marca Ubicación de Fraccionamiento Quinta Esmeralda

4.2.4. Análisis de Datos

El siguiente paso fue acomodar la información obtenida de manera que pudieran ser visualizadas las opciones posibles para cambiar el riego de agua potable por otras alternativas como la de cosecha de lluvia y acarreo de agua tratada por camión cisterna. Es en este punto donde se sacan costos de tres tipos de tarifas que la JMAS maneja, los cuales fueron:

- Tarifa uso doméstico
- Tarifa gubernamental
- Tarifa de pipa de agua residual tratada en camión cisterna de 10 m³

Posible ubicación de obra civil de proyecto de captación de agua de lluvia, tarifas eléctricas que ocupa bomba del proyecto, posible recolección de agua tomando el dato del año 2020 de precipitación pluvial en Ciudad Juárez como dato histórico, análisis de perfiles topográficos para determinar zonas de corriente y estancamiento pluvial, tiempo de

recuperación de inversión de la obra civil; son algunas de las consideraciones que fueron analizadas para encontrar una solución de riego a parque urbano cambiando o disminuyendo el consumo de agua potable.

4.2.5. Evaluación y Selección de Alternativas

En este punto de la tesis se toma la decisión de escoger solo uno de los 3 parques del fraccionamiento objeto de estudio para enfocar la solución dentro de un rango más específico, por ser éste el parque que recibe mayor cantidad de agua debido a los escurrimientos de calles aledañas en un espacio que ocupa un pozo de absorción de 6 por 2.8 m de perímetro, 50 cm libres antes de la grava y 10 m de profundidad en espacio de grava. Es ahora cuando las alternativas se han reducido a:

- Riego con cosecha de lluvia
- Riego con agua tratada acarreada por camión cisterna
- Continuar riego con agua potable
- Combinaciones de las tres anteriores

El parque seleccionado el cual llamaremos “Parque La Joya” consta de un área de 1,044 m² con un espacio de pasto de 780 m², 19 árboles existentes, arbustos, algunas plantas de ornato y flores. Habiendo seleccionado el sitio objeto de análisis en opción de recolección de agua por cosecha de lluvia, se procede a buscar el plano y cotización de la obra civil de un recolector de agua obtenida por escurrimientos pluviales que consta de 3 cisternas de 10 m³. Se proponen solo 3 debido a que el espacio físico donde se ubicarían se encuentra limitado.

Habiendo escogido el parque La Joya, también se establece el requerimiento hídrico para el riego de 19,500 L de agua 2 veces por semana y 3 en los meses más calurosos a

razón de 25 L x m², utilizando el sistema de riego por aspersión con el cual el parque se encuentra ya equipado.

A continuación, se muestra en la figura 4.3 el diagrama de flujo que se siguió para escoger el tipo de agua para riego que fue posible establecer con los parámetros existentes en cuanto a disponibilidad.

Proyecto del recolector de agua de lluvia para parque La Joya - .

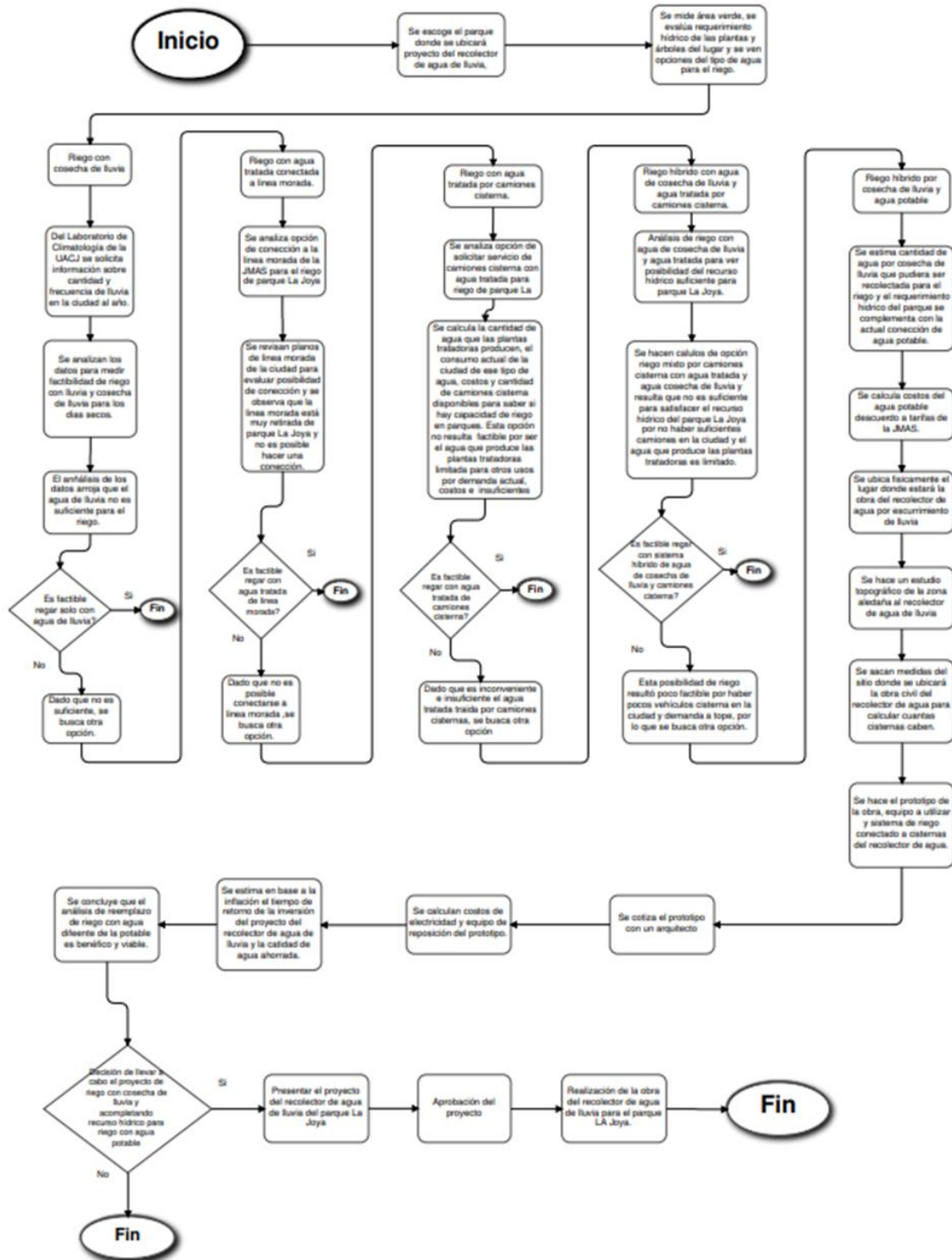


Figura 4.3 Diagrama de Flujo en Toma de Decisión de Tipo de Agua para Riego

4.2.6. Análisis y Estimación de Recolección de Agua de Lluvia

Habiendo seleccionado el espacio físico donde se ubicaría la obra civil del recolector de agua pluvial se estima que solo será posible obtener lo concerniente a 30 m^3 en cada evento de lluvia por contar con solo 3 cisternas con capacidad de 10 m^3 y tomando en cuenta estimación de lluvia del historial de precipitación pluvial del año 2020 en la ciudad. Por ser esta cantidad de agua insuficiente para satisfacer el requerimiento hídrico del parque La Joya es que se opta por una opción mixta de riego. Aun así, se estaría contribuyendo al ahorro de agua del tipo potable.

4.2.7. Estimación de Retorno de Inversión y Análisis de Reemplazo

Teniendo clara la cantidad estimada de agua que pudiese ser obtenida de la cosecha de lluvia en cada mes, costos de agua potable en tarifa de uso doméstico que es la que actualmente utiliza por encontrarse el parque de zona residencial, tarifa de uso gubernamental que es la que corresponde en algunos casos a parques y áreas verdes, datos de proyección de inflación, costo de obra civil y mantenimiento, es que se procede a utilizar la fórmula de Valor Presente Neto explicado en el libro Fundamentos de Ingeniería económica de Gabriel Baca Urbina (Baca, 2007) el cual nos ayuda a estimar el tiempo en que el costo del proyecto del recolector pluvial retornará su inversión. Después de ese tiempo cualquier beneficio será libre de gasto, exceptuando solo el de mantenimiento.

Análisis de reemplazo

Para cada una de las alternativas se hace el cálculo de los siguientes parámetros: costos de agua, electricidad, mantenimiento del sistema, material de instalación, obra civil y mano de obra; así como tomar en cuenta el incremento por inflación y costos de adaptación.

Se efectúa el análisis de VUE (vida útil económica), y para sacar una medida de comparación para determinar los costos anuales se calculará y analizará el que tenga menor VA (valor anual).

Una vez obtenidos los resultados se elegirá la de menor costo.

Por medio de un análisis incremental en decisiones de reemplazo de equipo, en este caso el de un nuevo sistema de riego de agua tratada o de cosecha de lluvia para parque “La Joya” en lugar del tradicional de agua potable proveniente de los ductos de la red de suministro a fraccionamiento.

5. RESULTADOS

Se ha llegado al capítulo donde de manera más específica se muestran los resultados obtenidos producto de la investigación de la presente tesis donde se pretende ofrecer una solución factible al ahorro de agua potable en Ciudad Juárez para el mantenimiento de un área verde urbana, el cual ha sido ya mencionado como benéfico a nivel ecológico y social.

5.1. Generación de la Idea

Después de haber recibido la plática por parte del departamento de Cultura del agua de la JMAS Juárez sobre la importancia de cambiar el tipo de agua potable por otro para el riego de parques y jardines de la ciudad, se hace la observación que en algunos puntos de la ciudad se forman encharcamientos y viendo que algunos de ellos se encuentran en zonas cercanas a algún área verde surge la idea de almacenar esta agua para riego en días posteriores. Tal es el caso del fraccionamiento Quinta Esmeralda en Ciudad Juárez contiguo al parque La Joya.



Figura 5.1 Fotografías 1 de la Entrada al Fraccionamiento Quinta Esmeralda en un Día de Lluvia

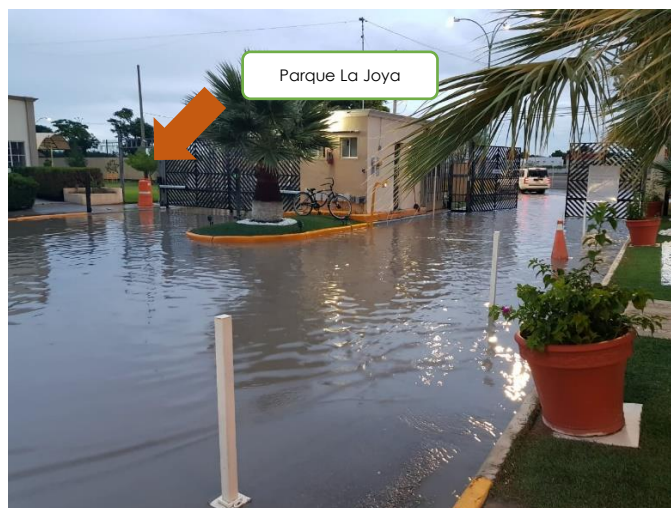


Figura 5.2 Fotografías 2 de la Entrada al Fraccionamiento Quinta Esmeralda en un Día de Lluvia donde se Observa la Captación de Agua por Esguimiento, a un Costado de Parque La Joya.

5.2. Ubicación del Proyecto Recolector de Aguas Pluviales

Se escoge el lugar donde el proyecto del recolector de agua estaría que será dentro de los límites el Parque la Joya del fraccionamiento Quinta Esmeralda en Ciudad Juárez, Chihuahua. Este lugar cuenta con ventajas de captación de agua de lluvia por escurrimiento debido a su situación topográfica y por encontrarse precisamente en un punto donde actualmente existe un pozo de absorción que ayuda a tal propósito.



Figura 5.3 Fotografía del Pozo de Absorción de Parque La Joya

El análisis del contexto muestra como es que el agua fluye y los puntos de estancamiento pluvial debido a situación topográfica. Las iniciales P1, P2 y P3 corresponden a los perfiles topográficos de la zona.

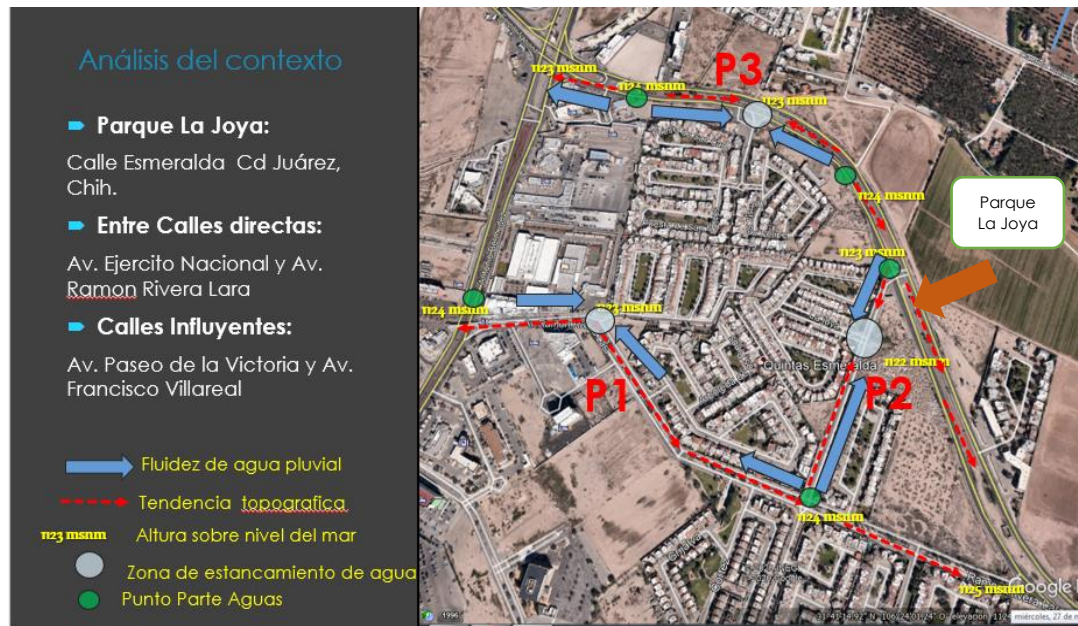


Figura 5.5 Análisis de Contexto de Parque La Joya



Figura 5.6 Perfil Topográfico 1 P1



Figura 5.7 Perfil Topográfico 2 P1

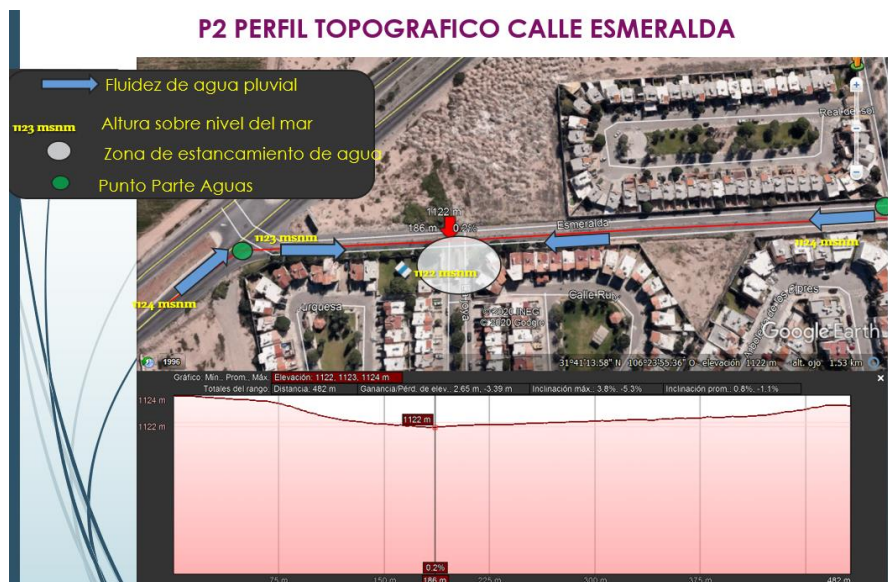


Figura 5.8 Perfil Topográfico 2



Figura 5.9 Perfil Topográfico 3

5.4. Estimación de Agua que se Pudiera Obtener por Cosecha de Lluvia para el Riego a Parque La Joya

Por parte del Laboratorio de Climatología y Calidad del Aire de la UACJ se obtiene la cantidad de lluvia que en la ciudad cayó en el año 2020. Se toma este dato histórico como referencia para estimar que cantidad de agua pudiera ser obtenida en el los años por venir para riego del parque “La Joya”.

Lo que se destaca en la tabla siguiente son los eventos de lluvia, es decir, la cantidad de veces que ha llovido en cada mes. Como ejemplo el mes de enero marcó que hubo 4 días lluviosos, 2 con un nivel moderado de lluvia y 2 con nivel debil, aún así marcaron mas de 0.5 mm de lluvia, lo suficiente para que por escurrimiento pluvial de las calles aledañas el agua corra hacia la zona del pozo de absorción donde se recolectarían 30 m³ en cada evento de lluvia.

semana #	Evento de lluvia	Fecha	mm lluvia acumulados	mes	eventos al mes	mm lluvia al mes		tipo de lluvia	días de diferencia entre una lluvia y otra	recolección en lts	total recolección en lts al mes
1	1	2/1/2020 8:25	5.588	enero	4	11.938		moderada	0	30,000	
2	2	10/1/2020 14:50	0.508					dévil	8	30,000	
3	3	16/01/2020 16:05	4.318					moderada	6	30,000	
3	4	21/01/2020 13:10	1.524					dévil	5	30,000	120,000
5	5	4/2/2020 9:25	2.794	febrero	5	25.146		moderada	14	30,000	
6	6	5/2/2020 10:30	6.35					moderada	1	30,000	
6	7	10/2/2020 5:00	9.144					moderada	5	30,000	
6	8	11/2/2020 8:50	6.096					moderada	1	30,000	
7	9	12/2/2020 0:25	0.762					dévil	1	30,000	150,000
9	10	3/3/2020 12:55	22.606	marzo	9	48.514		fuerte	21	30,000	
10	11	4/3/2020 0:00	9.652					moderada	1	30,000	
10	12	8/3/2020 4:35	2.286					moderada	4	30,000	
10	13	9/3/2020 7:20	0.254					dévil	1	30,000	
11	14	12/3/2020 11:55	5.33					moderada	3	30,000	
11	15	13/03/2020 00:30	4.572					moderada	1	30,000	
11	16	17/03/2020 01:50	0.254					dévil	4	30,000	
12	17	18/03/2020 11:10	3.302					moderada	1	30,000	
12	18	19/03/2020 09:10	0.254					dévil	1	30,000	270,000
19	19	10/5/2020 18:20	8.636	mayo	1	8.636		moderada	52	30,000	30,000
23	20	12/6/2020 21:15	7.112	junio	1	7.112		moderada	33	30,000	30,000
29	21	15/07/2020 20:15	4.826	julio	4	21.336		moderada	33	30,000	
29	22	20/07/2020 18:40	3.81					moderada	5	30,000	
30	23	24/07/2020 00:00	12.446					moderada	4	30,000	
30	24	25/07/2020 01:55	0.254					dévil	1	30,000	120,000
32	25	1/8/2020 17:20	0.508	agosto	3	1.308		dévil	7	30,000	
33	26	17/08/2020 16:45	0.6					dévil	16	30,000	
34	27	21/08/2020 22:55	0.2					dévil	4	30,000	90,000
43	28	27/10/2020 00:05	2.6	octubre	2	3.6		moderada	67	30,000	
44	29	28/10/2020 09:55	1					dévil	1	30,000	60,000
50	30	10/12/2020 9:30	0.4	diciembre	1	0.4		dévil	43	30,000	30,000

Tabla 5.1 Eventos de Lluvia Registrados en el año 2020 Utilizados para Estimar Recolección de Agua de Lluvia del año 2021 en Adelante.

5.5. Medición de Área a Parque La Joya

Se hace una medición de las áreas verdes que requieren agua para riego y se analiza el tipo de paleta vegetal del sitio para calcular la cantidad del recurso hídrico necesario para mantener la vegetación en óptimas condiciones. En este punto se contó con la ayuda del Arquitecto Cosme Fabián Espinoza González, coordinador de la JMAS (Junta municipal de Agua y Saneamiento) de Ciudad Juárez, y encargado de la rehabilitación y diseño de varios parques de la ciudad, el cual cuenta con la experiencia necesaria para hacer este tipo de mediciones. Tomando en cuenta que el parque de 1044 m² consta de un área de pasto de 780 m², 22 árboles y flores de tipo variado.

El lugar cuenta ya con una toma de agua potable de ½", y sistema de riego por aspersión, el cual riega toda la zona pasto y arboles al mismo tiempo

Gasto alto de agua al regar, solo en un riego 19 500 lts a razon de 25 lts x m² y normalmente tienen 2 riegos por semana en época de frío que va de los meses de noviembre a febrero y el resto del año aumenta a 3 por semana.



Figura 5.10 Fotografías del Parque La Joya

5.6. Prototipo de Obra de Captación Pluvial

Con ayuda del Arquitecto Cosme Espinoza, coordinador de la JMAS de Ciudad Juárez, se diseña el prototipo de la obra de captación de agua de lluvia en donde actualmente se encuentra el pozo de absorción del fraccionamiento y que también tiene la opción de recolectar agua tratada recibida por medio de camiones tipo cisterna. Cabe mencionar que no existen instalaciones cercanas a la línea morada, la cual proporciona agua tratada, propio para riego de parques, por lo que esta última opción se encuentra descartada.



Figura 5.11 Prototipo de Obra de Captación de Cosecha de Lluvia y Recolección de Agua Tratada por Camiones Cisterna.

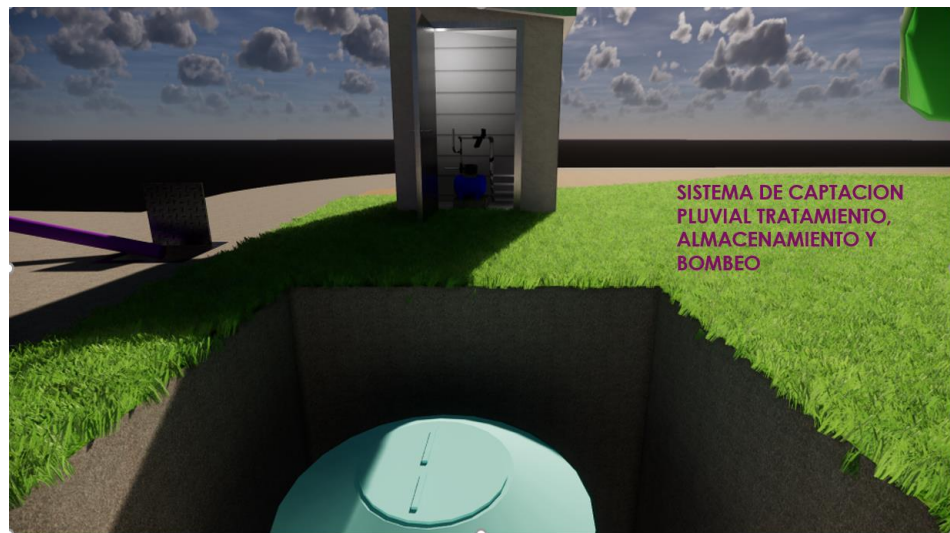


Figura 5.12 Otro Ángulo de Obra de Captación de Agua donde se Observan Cisternas Soterradas.



Figura 5.13 Prototipo de Equipo para Sistema de Riego en Obra de Captación

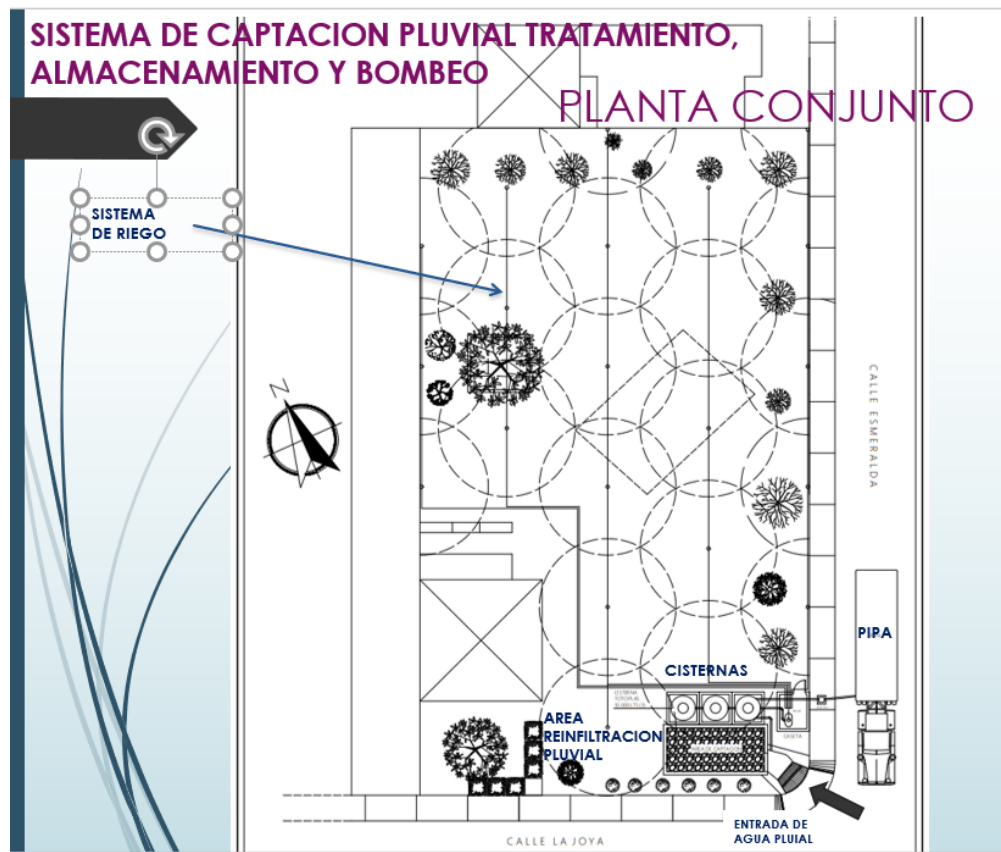


Figura 5.14 Prototipo de Distribucion de Sistema de Riego en Parque La Joya

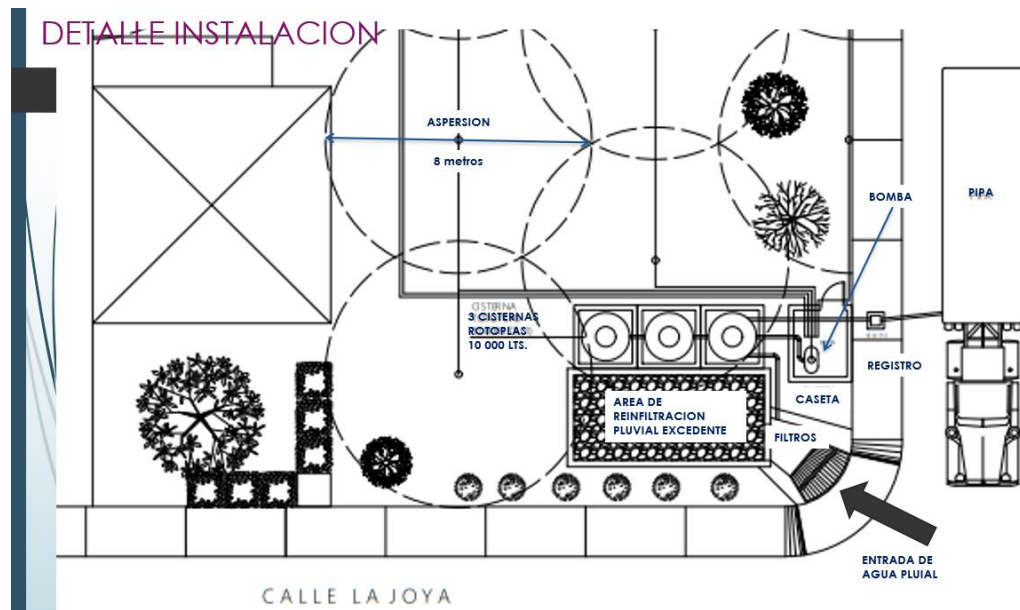


Figura 5.15 Detalles de Instalación del Prototipo de Obra para Captación de Agua

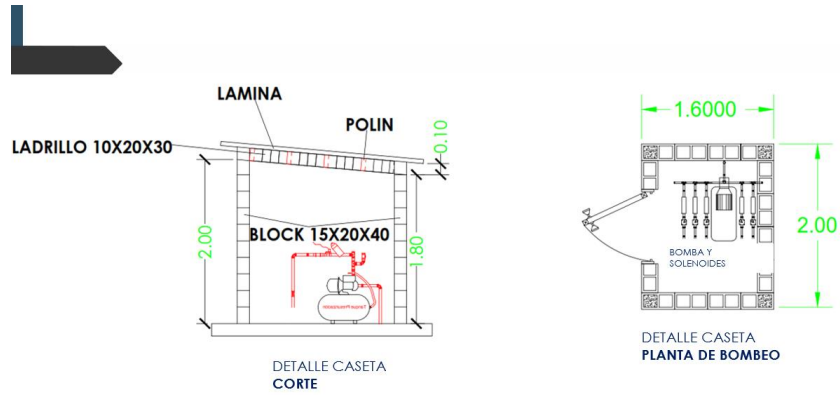


Figura 5.16 Detalles de Caseta de Bombeo

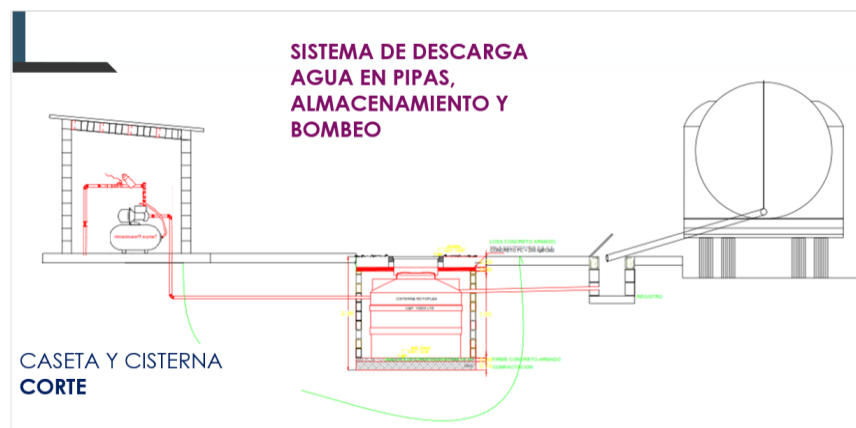


Figura 5.19 Prototipo de Sisteman de Descarga de Agua en Pipas 2.

5.7. Presupuesto de Obra Civil, Mano de Obra y Materiales de Proyecto de Captación de Agua Pluvial

Teniendo las medidas y especificaciones de la obra de captación de agua por cosecha de lluvia con opción de utilizar también recolección de agua tratada por medio de camiones tipo cisterna, se hace un presupuesto de la obra. Por ello es solicitado el servicio del Arquitecto Raúl Morones el cual proporcionó la cotización del proyecto que incluye materiales, mano de obra y obra civil.

El costo de la obra es de 534,213.00 pesos mexicano mas el iva que es de 8% en esta región fronteriza del país, dando un total global de 576,950.04 pesos mexicanos (quinientos setenta y seis mil novecientos cincuenta pesos y 04/100 moneda nacional)

P R E S U P U E S T O

At'n. Claudia Fernández:

Por medio de la presente le envío presupuesto de los trabajos que a continuación se especifican, quedando por entendido que los conceptos varían en alcances.

CATALOGO DE CONCEPTOS					
#	Descripcion	Unidad	Cant.	P.U.	TOTAL
1	Construccion de Trampa de Solidos y desarenador (triple filtro) con dimensiones de 0.80m x 2.40m x 1.00m. Plantilla de concreto, Piso de Concreto F'c=210kg/cm2, armado con Var. #3 @25cm ambos sentidos, muros de block rellenos de concreto, Var #3 @80 cm verticalmente. Incluye tubería y conexiones de PVC Hidraulico ced.40 de 4" doble tubo, contra marco y tapas de concreto de 5cm de espesor, Excavacion, relleno de sobre excavaciones apisonado en capas de 20cm, retiro de material sobrante de la excavacion, suministro de material, mano de obra, herramienta y todo lo necesario para su correcta ejecucion.	Pza	1	\$ 32,565.00	\$ 32,565.00
2	Construccion de Pila contenedora de Cisternas de 10,000 lts. De 3.00m x 8.20m x 2.70m, Plantilla de concreto, Piso de Concreto F'c=210kg/cm2, armado con Var. #4 @25cm ambos sentidos, muros de block rellenos de concreto, Var #4 @80 cm ambos sentidos., contra marco y tapas de concreto de 5cm de espesor, Excavacion, relleno de sobre excavaciones apisonado en capas de 20cm, retiro de material sobrante de la excavacion, suministro de material, mano de obra, herramienta y todo lo necesario para su correcta ejecucion.	Pza	1	\$ 290,446.00	\$ 290,446.00
3	Suministro e instalacion de 3 Cisternas marca Rotoplas de 10,000 lts. Y tuberías y válvulas de 4" PVC hidraulica ced.40. Incluye: suministro de material, mano de obra, herramienta y todo lo necesario para su correcta ejecucion.	Lote	1	\$ 102,585.00	\$ 102,585.00

CONTACTO.
cel. (656) 180 - 1076
e-mail. ara.raul.morones@hotmail.com

Figura 5.20 Presupuesto de Obra Primera Parte

4	Construccion de Muro de Contencion para desvio de tubería pluvial de la calle a Registro. Incluye Obra civil y tubería Hidraulica, suministro de material, mano de obra, herramienta y todo lo necesario para su correcta instalacion.	lote	1	\$ 4,785.00	\$ 4,785.00
5	Construccion de Cuarto de Maquinas para sistema hidroneumatico, con dimensiones de 1.90 x 2.30m x 2.60m. De muro de block de 6", piso de concreto F'c=210kg/cm2 y lamina acanalada cal. 20. Incluye: Suministro de Material, mano de obra, herramienta, andamios y todo lo necesario para su correcta ejecucion.	Lote	1	\$ 25,920.00	\$ 25,920.00
6	Construccion de Registro para Suministro de Agua en pipa, Incluye: Obra civil, tapa metalica, tubería hidraulica ced. 40. suministro de material, mano de obra, herramienta y todo lo necesario para su correcta ejecucion.	lote	1	\$ 3,500.00	\$ 3,500.00
7	Suministro e instalacion de sistema hidroneumatico, Incluye: Hidroneumatico 2hp con tanque de 200L marca Hydrofresh 127V, 10 servicios simultaneos, presurizacion del sistema, valvulas, manometros y todo lo necesario para su correcta instalacion .	lote	1	\$ 49,857.00	\$ 49,857.00
8	Canalizacion y Cableado de Instalaciones electricas de Caseta de Seguridad a Cuarto de Maquinas. Incluye, obra civil, Suministro de material, mano de obra, herramienta y todo lo necesario para su correcta instalacion.	Lote	1	\$ 24,555.00	\$ 24,555.00
TOTAL					\$ 534,213.00

NOTAS.

1. Los precios están expresados en **Pesos** y se requiere del 30% del Presupuesto para el inicio de los trabajos y el Presupuesto Restante en Base a Estimaciones Semanales.
2. Los precios no incluyen IVA.

Quedo a sus órdenes para cualquier duda o aclaración.

ATENTAMENTE.



RAUL MORONES
ARQUITECTO

CONTACTO.
cel. (656) 180 - 1076
e-mail. ara.raul.morones@hotmail.com

Figura 5.21 Presupuesto de Obra Segunda Parte

5.8. Cálculo de Cantidad de Agua para Riego de Parque La Joya

El siguiente paso es calcular la cantidad de agua de riego necesario para que el parque La Joya se encuentre en óptimas condiciones, tomando en cuenta la recomendación del arquitecto Cosme Espinoza de utilizar 25 lts de agua por mt^2 considerando el área de pasto, cantidad y tamaño de árboles por especie, flores y plantas de ornato de varios tipos.

Para llegar al calculo de agua para riego son tomados en cuenta varios factores, entre ellos la Lamina de Riego (Lr) que depende del tipo de suelo y profundidad de las raíces del cultivo, tipo de riego que puede ir por asperción o goteo, también se toma en cuenta la cantidad de plantas y árboles, altura, densidad, viento y especies que ahí se encuentren. Por tener este cálculo cierta dificultad de obtenerse es que se recurre a la ayuda del especialista en este tema, en este caso el arquitecto coordinador de la JMAS de Ciudad Juárez

A continuación se muestra tabla donde por mes se calcula la cantidad de riegos semanales dependiendo si son 2 o 3 los requeridos y se hace una sumatoria del total de metros cúbicos de agua a utilizar al mes y en el año para el parque La Joya.

Si el área verde es de 780 mt^2 y el cálculo es de 25 lts de agua por mt^2 , el total del requerimiento de agua por riego será de 19,500 litros por riego.

$$780 \times 25 = 19,500 \text{ lts por riego}$$

		19500	lts por riego		
año 2021	semanas	cantidad de riegos por semana	lts por semana	total lts	total mt3
Enero	1	2	39,000		
	2	2	39,000		
	3	2	39,000		
	4	2	39,000	156,000	156
Febrero	5	2	39,000		
	6	2	39,000		
	7	2	39,000		
	8	2	39,000	156,000	156
Marzo	9	3	58,500		
	10	3	58,500		
	11	3	58,500		
	12	3	58,500		
	13	3	58,500	292,500	293
Abril	14	3	58,500		
	15	3	58,500		
	16	3	58,500		
	17	3	58,500	234,000	234
Mayo	18	3	58,500		
	19	3	58,500		
	20	3	58,500		
	21	3	58,500	234,000	234
Junio	22	3	58,500		
	23	3	58,500		
	24	3	58,500		
	25	3	58,500		
	26	3	58,500	292,500	293
Julio	27	3	58,500		
	28	3	58,500		
	29	3	58,500		
	30	3	58,500	234,000	234
Agosto	31	3	58,500		
	32	3	58,500		
	33	3	58,500		
	34	3	58,500	234,000	234
Septiembre	35	3	58,500		
	36	3	58,500		
	37	3	58,500		
	38	3	58,500		
	39	3	58,500	292,500	293
Octubre	40	3	58,500		
	41	3	58,500		
	42	3	58,500		
	43	3	58,500	234,000	234
Noviembre	44	2	39,000		
	45	2	39,000		
	46	2	39,000		
	47	2	39,000	156,000	156
Diciembre	48	2	39,000		
	49	2	39,000		
	50	2	39,000		
	51	2	39,000		
	52	2	39,000	195,000	195

Tabla 5.2 Cálculo de Gasto de Agua para el Riego del Parque La Joya

5.9. Tarifas de Agua

Después de tener el cálculo del requerimiento hídrico para el riego del parque ya mencionado, se consultan las tarifas de cobro del servicio público para el año 2021 de la Junta Municipal de Agua y Saneamiento de: Juárez. Éste folleto es un anexo al periódico Oficial del Gobierno del estado libre y soberano de Chihuahua que fue publicado con fecha del 26 de diciembre de 2020 y se encuentra disponible de manera pública en la página de la JMAS de Ciudad Juárez, también está disponible en internet con la siguiente dirección: http://www.chihuahua.gob.mx/attach2/anexo/anexo_104-2020_ta_juarez.pdf

De las tarifas que el documento señala se toman en cuenta las de uso doméstico por ser en la actualidad la gran mayoría de los parques de la ciudad los que están conectados a la red de agua potable de la ciudad y en donde no existe también en la mayoría ningún registro o válvula reguladora del líquido en cuestión.

También se calcula el gasto del agua en base a tarifa gubernamental por ser esta la división adecuada para riego de parques en los casos donde si se cuenta con medidores de agua para tal fin, que en este año es el 50% de la tarifa de tipo comercial.

Un tercer elemento para cálculo es el de la cuota por servicio de pipa de agua tratada. En esta división vale la pena mencionar que tiene un costo fijo y es un servicio que es estimado para distribución por propio reglamento de la JMAS para algunas actividades industriales y riego en camellones jardinados de la ciudad. En este caso el costo es adjudicado a quien solicite este servicio y en algunas ocasiones es donado cuando se tiene un excedente proveniente de alguna de las 4 plantas tratadoras de agua de la ciudad. El agua tratada de estas plantas no cuenta con almacenamiento externo, por lo que el total de el vital líquido tiene que ser dispuesto el mismo día.

a) tarifa uso doméstico							tarifa gubernamental (50% de tarifa comercial)						h) agua residual tratada en camion cisterna (camiones de 10 m3)			
total m3	costo	DFA	incremento al/mensual	0.5% alcantarillado y 0.5% saneamiento	IVA	Total	costo	DFA	incremento al/mensual	0.5% alcantarillado y 0.5% saneamiento	IVA	Total	costo	DFA	IVA	Total
	7,812.00	87.36	-	79.76	6.46		3,164.00	87.36	-	32.30	2.62		6,400.00	87.36	-	-
156																
						7,985.58						3,286.28				12,887.36
	7,812.00	87.36	48.35	80.25	6.50		3,164.00	87.36	19.58	32.50	2.63		6,240.00	87.36	-	-
156																
						8,034.46						3,306.08				12,567.36
	15,236.00	164.08	94.88	156.53	12.67		5,567.00	164.08	34.67	57.19	4.63		11,700.00	164.08		
293																
						15,664.16						5,827.57				23,564.08
	12,168.00	131.04	76.24	125.01	10.12		4,446.00	131.04	27.86	45.68	3.70		9,360.00	131.04		
234																
						12,510.41						4,654.28				18,851.04
	12,168.00	131.04	76.72	125.02	10.12		4,446.00	131.04	28.03	45.68	3.70		9,360.00	131.04		
234																
						12,510.90						4,654.45				18,851.04
	15,236.00	164.08	96.65	156.55	12.67		5,557.50	164.08	35.26	57.10	4.62		11,700.00	164.08		
293																
						15,665.95						5,818.56				23,564.08
	12,168.00	131.04	77.67	125.03	10.12		4,446.00	131.04	28.38	45.68	3.70		9,360.00	131.04		
234																
						12,511.86						4,654.80				18,851.04
	12,168.00	131.04	78.15	125.03	10.12		4,446.00	131.04	28.55	45.69	3.70		9,360.00	131.04		
234																
						12,512.34						4,654.97				18,851.04
	15,236.00	164.08	98.46	156.56	12.67		5,557.50	164.08	35.91	57.11	4.62		11,700.00	164.08		
293																
						15,667.78						5,819.22				23,564.08
	12,168.00	131.04	79.12	125.04	10.12		4,446.00	131.04	28.91	45.69	3.70		9,360.00	131.04		
234																
						12,513.33						4,655.34				18,851.04
	7,812.00	87.36	51.11	80.28	6.50		3,164.00	87.36	20.70	32.52	2.63		6,240.00	87.36	-	-
156																
						8,037.25						3,307.21				12,567.36
	10,259.00	109.20	67.53	105.43	8.53		3,955.00	109.20	26.04	40.65	3.29		7,800.00	109.20		
195																
						10,549.70						4,134.18				15,709.20
						Total annual						54,772.93				218,678.72
						144,163.72										

Tabla 5.3 Cálculo de Costos del Agua de Tarifas Uso Doméstico, Gubernamental y Servicio de Pipas de Agua Tratada Sin Proyecto de Obra de Captación.

5.10. Pronóstico de Recolección de Agua por Cosecha de Lluvia

Del cálculo de requerimiento de agua para riego se le resta el pronóstico de la cantidad de agua recolectada por lluvia en donde solo es posible coleccionar un máximo de 30,000 lts de agua por ser el proyecto limitado a tres cisternas con capacidad de 10,000 litros cada una, para sacar un nuevo costo de agua a tarifas de uso doméstico, gubernamental y pipas de agua tratada.

		m3 completos	a) tarifa uso doméstico						tarifa gubernamental (50% de tarifa comercial)						k) agua residual tratada en camion cisterna (camiones de 10 m3)			
ahorro por lluvia	agua requerida		costo	DFEA	incremento 6% mensual	0.5% alcantarillado y 0.5% saneamiento	IVA	Total	costo	DFEA	incremento 6% mensual	0.5% alcantarillado y 0.5% saneamiento	IVA	Total	costo	DFEA	IVA	Total
120,000	36,000	36	775	20.16	0	7.91275	0.64	803.71	435.5	20.16	0	4.45	0.36	460.47	1440	20.16		0
																		2,920.32
			211	3.36	1.31	2.17	0.18		166	3.36	1.03	1.71	0.14		400	3.36		0
150,000	6,000	6						218.01						172.23				403.36
			396	12.88	2.47	4.07	0.33		335.50	12.88	2.09	3.45	0.28		1000	12.88		
270,000	22,500	23						415.75						354.20				1,012.88
			12,168.00	131.04	76.24	125.01	10.12		4,446.00	131.04	27.86	45.68	3.70		9,360.00	131.04		
-	234,000	234						12,510.41						4,654.28				9,491.04
			10,608.00	114.24	66.88	108.99	8.82		3,876.00	114.24	24.44	39.82	3.22		8,160.00	114.24		
30,000	204,000	204.00						10,906.93						4,057.73				8,274.24
			13,650.00	147.28	86.59	140.25	11.35		4,987.50	147.28	31.64	51.25	4.15		10,500.00	147.28		
30,000	262,500	263.00						14,035.47						5,221.81				10,647.28
			5,177.00	63.84	33.04	52.10	4.22		2,027.00	63.84	12.94	20.83	1.69		4,560.00	63.84		
120,000	114,000	114.00						5,330.20						2,126.29				4,623.84
			7,059.00	80.64	45.34	72.54	5.87		2,560.50	80.64	16.44	26.31	2.13		5,760.00	80.64		
90,000	144,000	144.00						7,263.39						2,686.02				5,840.64
			15,210.00	164.08	98.29	156.30	12.65		5,557.50	164.08	35.91	57.11	4.62		11,700.00	164.08		
-	292,500	293.00						15,641.32						5,819.22				11,864.08
			8,941.00	97.44	58.14	91.88	7.44		3,529.00	97.44	22.95	36.27	2.94		6,960.00	97.44		
60,000	174,000	174.00						9,195.90						3,688.59				7,057.44
			7,812.00	87.36	51.11	80.28	6.50		3,164.00	87.36	20.70	32.52	2.63		6,240.00	87.36		-
-	156,000	156.00						8,037.25						3,307.21				6,327.36
			8,376.00	92.40	55.14	86.08	6.97		3,346.50	92.40	22.03	33.69	2.73		6,600.00	92.40		
30,000	165,000	165.00						8,616.59						3,497.34				6,692.40
900,000						Total annual		92,974.94						36,045.39				75,154.88

Tabla 5.4 Cálculo de Costos del Agua de Tarifas Uso Doméstico, Gubernamental y Servicio de Pipas de Agua Tratada con Proyecto de Obra de Captación.

5.11. Comparativo de Tres Diferentes Tarifas de Agua

Teniendo el costo del agua con y sin obra de captación por cosecha de lluvia, se hace un comparativo de las dos opciones para calcular el ahorro. También en la opción de uso doméstico, gubenamental y pipas de agua tratada.

Cabe mencionar que para calculo del costo es necesario seguir alguna reglas como el de aumentar en 0.6 % con respecto a la tarifa de enero, el cual se indica en el folleto anexo de tarifa para el cobro del agua antes mencionado, ademas de algunos extras como tarifa por drenaje de 0.5% , tarifa de saneamiento del 0.5%, el iva solo de estos 2 rubros, ademas de una tarifa fija de DFEA (Derecho federal de extracción de agua)

Sin embargo al momento de hacer el cálculo se observa que las cantidades no coincidían con estas reglas, por lo que fue solicitada una entrevista con la contadora responsable de facturación de la JMAS (Junta Municipal de agua y Saneamiento) división Juárez la cual nos explica que internamente ellos manejan números menos redondos, como ejemplo el iva que se cobra es de 8.095 %, el incremento mensual de la cuota con respecto al mes anterior es de 0.61891 % en lugar de 0.6 %

	DFEA=	0.56		
	Drenaje 2021=	0.00511	}	0.01021
	saneamiento 2021=	0.0051		
	iva 2021=	0.08095		
	incremento mensual=	0.0061891		

Tabla 5.5 Tabla de Porcentajes Utilizados en el Recibo de Cobro del Agua en 2021

	comparativo de ahorro \$ en tarifa uso doméstico			comparativo de ahorro \$ en tarifa gubernamental (50% de tarifa comercial)			comparativo de ahorro \$ en tarifa k) agua residual tratada en camion cisterna (camiones de 10 m3)		
año 2021	sin cosecha de lluvia	con cosecha de lluvia	ahorro por diferencia	sin cosecha de lluvia	con cosecha de lluvia	ahorro por diferencia	sin cosecha de lluvia	con cosecha de lluvia	ahorro por diferencia
Enero									
	7,985.58	803.71	7,181.86	3,286.28	460.47	2,825.81	12,887.36	2,920.32	9,967.04
Febrero									
	8,034.46	218.01	7,816.45	3,306.08	172.23	3,133.84	12,567.36	403.36	12,164.00
Marzo									
	15,664.16	415.75	15,248.41	5,827.57	354.20	5,473.38	23,564.08	1,012.88	22,551.20
Abril									
	12,510.41	12,510.41	-	4,654.28	4,654.28	-	18,851.04	9,491.04	9,360.00
Mayo									
	12,510.90	10,906.93	1,603.97	4,654.45	4,057.73	596.72	18,851.04	8,274.24	10,576.80
Junio									
	15,665.95	14,035.47	1,630.47	5,818.56	5,221.81	596.75	23,564.08	10,647.28	12,916.80
Julio									
	12,511.86	5,330.20	7,181.66	4,654.80	2,126.29	2,528.51	18,851.04	4,623.84	14,227.20
Agosto									
	12,512.34	7,263.39	5,248.96	4,654.97	2,686.02	1,968.95	18,851.04	5,840.64	13,010.40
Septiembre									
	15,667.78	15,641.32	26.46	5,819.22	5,819.22	-	23,564.08	11,864.08	11,700.00
Octubre									
	12,513.33	9,195.90	3,317.43	4,655.34	3,688.59	966.75	18,851.04	7,057.44	11,793.60
Noviembre									
	8,037.25	8,037.25	-	3,307.21	3,307.21	-	12,567.36	6,327.36	6,240.00
Diciembre									
	10,549.70	8,616.59	1,933.11	4,134.18	3,497.34	636.83	15,709.20	6,692.40	9,016.80
	144,163.72	92,974.94		54,772.93	36,045.39		218,678.72	75,154.88	
			51,188.78			18,727.54			143,523.84

Tabla 5.6 Tabla Comparativa de Ahorro de Agua para el Riego de Parque La Joya

5.12. Cálculo de Gasto Eléctrico

La electricidad generada para el riego por parte de la bomba hidroneumática es otro gasto a considerar, que en este caso no representa mucho, sin embargo es importante revisar.

Tomando en cuenta el pronóstico de eventos de lluvia de la figura #3, al mes se supondrá cuanta agua será recolectada para ser utilizada en sistema de riego donde la bomba hidroneumática tendrá un requerimiento eléctrico.

1 evento de lluvia llenaría 3 contenedores de 10 mts³, para riego en un día se requieren 19,500 lts, que es casi 2 contenedores y de 2.7 hrs de electricidad (2 horas 45 min), se redondea a 3 horas por riego. Por lo tanto, por evento de lluvia se requieren de 9 horas de electricidad para utilizar el agua recolectada.

Calculo de bomba hidroneumatica de 2 hp de 127 V marca Hydrofresh

Caudal bomba 2 hp = 120 lts/min

19,500 lts = 162.5 min => 2 horas y 45 minutos

Convertidor

Usted está convirtiendo actualmente potencia unidades a partir del caballo de vapor a watt

2 hp = 1491.32544 W

caballo de vapor ⇄

watt ⇄

hp



1491.32544 W

Conversión de la base : 1 hp = 745.66272 W

Conversión de la base : 1 W = 0.0013410889041094 hp

Figura 5.22 Convertidor de Caballos de Fuerza por Watts

¿Cuántos watts tiene un motor de 1 HP?

La relación entre ambas unidades y las respectivas relaciones con el vatio (W), unidad de potencia del Sistema Internacional de Unidades, son las que se indican: 1 HP = 1.0138 CV = 745.699 871 582 270 22 W.

$$2 \text{ HP} = 745.699 \times 2 \rightarrow 1,491.398 \text{ W} \rightarrow 1,491.4 \text{ W}$$

mes	Eventos de lluvia	horas de electricidad por mes para riego de parque
enero	4	36
febrero	5	45
marzo	9	81
abril	0	0
mayo	1	9
junio	1	9
julio	4	36
agosto	3	27
septiembre	0	0
octubre	2	18
noviembre	0	0
diciembre	1	9
TOTALES AL AÑO	21	189

Tabla 5.7 Calculo de Horas Requeridas por Parte de Bomba Hidroneumática

2 Hp en watts	X	Horas de uso	=	watts por hora	%	1000	=	kWh	kWh en números absolutos	X	Tarifas 2021	=	Total energía	+	iva del 8%	+	DAP \$ 40.00	=	Gran total
1,491.40	X	36	=	53,690.40	%	1000	=	53.69	54.00	X	0.855	=	46.17	+	3.69	+	40.00	=	89.86
1,491.40	X	45	=	67,113.00	%	1000	=	67.11	67.00	X	0.857	=	57.42	+	4.59	+	40.00	=	102.01
1,491.40	X	81	=	120,803.40	%	1000	=	120.80	121.00	X	0.859	=	103.94	+	8.32	+	40.00	=	152.25
1,491.40	X	0	=	-	%	1000	=	-	-	X	0.861	=	-	+	-	+	40.00	=	40.00
1,491.40	X	9	=	13,422.60	%	1000	=	13.42	13.00	X	0.767	=	9.97	+	0.80	+	40.00	=	50.77
1,491.40	X	9	=	13,422.60	%	1000	=	13.42	13.00	X	0.769	=	10.00	+	0.80	+	40.00	=	50.80
1,491.40	X	36	=	53,690.40	%	1000	=	53.69	54.00	X	0.771	=	41.63	+	3.33	+	40.00	=	84.96
1,491.40	X	27	=	40,267.80	%	1000	=	40.27	40.00	X	0.773	=	30.92	+	2.47	+	40.00	=	73.39
1,491.40	X	0	=	-	%	1000	=	-	-	X	0.775	=	-	+	-	+	40.00	=	40.00
1,491.40	X	18	=	26,845.20	%	1000	=	26.85	27.00	X	0.777	=	20.98	+	1.68	+	40.00	=	62.66
1,491.40	X	0	=	-	%	1000	=	-	-	X	0.875	=	-	+	-	+	40.00	=	40.00
1,491.40	X	9	=	13,422.60	%	1000	=	13.42	13.00	X	0.877	=	11.40	+	0.91	+	40.00	=	52.31
													Total de gasto electricidad al año		=	\$ 839.02			
																pesos mexicanos			

DAP= Derecho de alumbrado público. Es una cantidad fija

Tabla 5.8 Cálculo de Gasto Eléctrico por Bomba Hidroneumática Utilizado en Sistema de Riego

Para sacar el costo eléctrico hay que tomar en cuenta algunos aspectos como la Tarifa de la zona, que para esta dirección es 1C y tomar en cuenta cuando comienza el costo de verano, para la CFE en Ciudad Juárez la temporada de verano comienza en mayo hasta octubre. Esto para efectos de cálculo de tarifas del simulador de la pagina: <https://rte.mx/simulador-recibo-cfe-calculadora>

El costo arriba mencionado aplica solo si la conexión eléctrica es compartida con otros aparatos. Si fuera el caso que la conexión y el medidor fuera de uso exclusivo de la bomba hidroneumática, aplica un gasto mínimo de 25 Kwh, se use o no. En tal caso el costo eléctrico tendrá un ligero incremento como a continuación se muestra en la tabla de la figura 28.

2 Hp en watts	X	Horas de uso	=	watts por hora	%	1000	=	kWh	kWh en números absolutos	X	Tarifas 2021	=	Total energía	+	iva del 8%	+	DAP \$ 40.00	=	Gran total
1,491.40	X	36	=	53,690.40	%	1000	=	53.69	53.00	X	0.855	=	45.32	+	3.63	+	40.00	=	88.94
1,491.40	X	45	=	67,113.00	%	1000	=	67.11	67.00	X	0.857	=	57.42	+	4.59	+	40.00	=	102.01
1,491.40	X	81	=	120,803.40	%	1000	=	120.80	120.00	X	0.859	=	103.08	+	8.25	+	40.00	=	151.33
1,491.40	X	0	=	-	%	1000	=	-	25.00	X	0.861	=	21.53	+	1.72	+	40.00	=	63.25
1,491.40	X	9	=	13,422.60	%	1000	=	13.42	25.00	X	0.767	=	19.18	+	1.53	+	40.00	=	60.71
1,491.40	X	9	=	13,422.60	%	1000	=	13.42	25.00	X	0.769	=	19.23	+	1.54	+	40.00	=	60.76
1,491.40	X	36	=	53,690.40	%	1000	=	53.69	53.00	X	0.771	=	40.86	+	3.27	+	40.00	=	84.13
1,491.40	X	27	=	40,267.80	%	1000	=	40.27	40.00	X	0.773	=	30.92	+	2.47	+	40.00	=	73.39
1,491.40	X	0	=	-	%	1000	=	-	25.00	X	0.775	=	19.38	+	1.55	+	40.00	=	60.93
1,491.40	X	18	=	26,845.20	%	1000	=	26.85	26.00	X	0.777	=	20.20	+	1.62	+	40.00	=	61.82
1,491.40	X	0	=	-	%	1000	=	-	25.00	X	0.875	=	21.88	+	1.75	+	40.00	=	63.63
1,491.40	X	9	=	13,422.60	%	1000	=	13.42	25.00	X	0.877	=	21.93	+	1.75	+	40.00	=	63.68
											Total de gasto electricidad al año = 934.57								
											pesos mexicano								

Tabla 5.9 Cálculo de Gasto Eléctrico por Bomba Hidroneumática Utilizando en Sistema de Riego con Gasto Mínimo de 25 Kwh al Mes.

5.13. Análisis Incremental

Contando con el presupuesto de la obra de recolección de lluvia, gasto de agua y gasto eléctrico, el siguiente paso consiste en la evaluación del proyecto realizando un comparativo de alternativas determinando por un análisis incremental. En el capítulo 4 del libro Fundamentos de ingeniería económica del autor Baca Urbina (Baca, 2007), señala que la situación de invertir con este método ayuda en la toma de decisiones cuando existe una sola alternativa de inversión y haciendo un estimado del tiempo de recuperación de tal inversión.

A continuación, se muestran cuatro opciones, las variantes son tarifa de agua en uso doméstico, tarifa gubernamental, hacer la inversión o no. En este punto se ha descalificado la opción de tarifa por pipa de agua tratada ya que el municipio no cuenta con el suministro de agua suficiente para dar abasto a más parques de la ciudad, sin embargo, se muestran los costos para resaltar ese rubro como opción en un futuro.

En este análisis se toma el Costo de Obra como Inversión Inicial, el ahorro de costo por la cantidad del agua como Beneficio Anual y como costo de mantenimiento la reposición de la bomba hidroneumática que tiene una vida útil de 2 años. En este caso no existe Valor de salvamento (VS) por tratarse de una obra que una vez realizada no puede ser transferida a otro sitio, vendida en su totalidad ni en partes.

Opción	condiciones	costo de agua por año	costo de electricidad por año	costo de obra	reposición bomba c/2 años
1	Regar parque la Joya con agua potable a precio de uso domestico sin ninguna obra de captación	144,163.72	0	0	
2	Regar parque la Joya con agua potable precio uso gubernamental sin obras de captación de lluvia	54,772.93	0	0	
3	Regar parque la Joya con agua de lluvia (obra de captación) y completándolo con agua potable a precio de uso doméstico	92,974.94	934.57	576,950.04	17323
4	Regar parque la Joya con agua de lluvia y acompletandolo con agua potable a precio de uso gubernamental con obra de captación	36,045.39	934.57	576,950.04	

Tabla 5.10 Opciones del Análisis Incremental de la Inversión

	Costo del agua sin obra	-	Costo del agua con obra	=	Ingreso anual	-	Costo de operación	=	Beneficio
opción 1	144,163.72	-	144,163.72	=	0.00	-	0.00	=	0.00
opción 2	54,772.93	-	54,772.93	=	0.00	-	0.00	=	0.00
opción 3	144,163.72	-	92,974.94	=	51,188.78	-	9,596.07	=	41,592.71
opción 4	54,772.93	-	36,045.39	=	18,727.54	-	9,596.07	=	9,131.47

$8,661.5 + 934.57 = 9,596.07$

Tabla 5.11 Cálculo de Beneficio Anual

		Opciones			
		1	2	3	4
Costo de Operación {	Inversión	0	0	576,950.04	576,950.04
	Ingreso Anual (ahorro de gasto de agua)	0	0	51,188.78	18,727.54
	Costo del agua	144,163.72	54,772.93	92,974.94	36,045.39
	Costo eléctrico	0	0	934.57	934.57
	Costo de mantenimiento anual (bomba hídrica neumática. Tiempo de vida de 2 años)	0	0	8,661.50	8,661.50
VS (Valor de salvamento)		0	0	0	0

Tabla 5.12 Opciones de Inversión

5.14. Tiempo de Retorno de la Inversión

En esta sección se detalla un dato relevante para el cálculo del tiempo de Recuperación de la Inversión que es el TMAR (Tasa Mínima Aceptable de Rendimiento). Este es el porcentaje determinante para decidir si se hace una inversión o no. Para tal efecto buscaremos el porcentaje de inflación esperado promedio.

El Banco de México publica con fecha del 1 de julio del 2021 un pronóstico de expectativa de inflación del 2022 hasta el 2029 separado por lapsos de 4 años. Para este año 2021 se estima que la inflación en México puede llegar a superar el 7%. Sin embargo, al manejar los costos de este año, la inflación de interés se encuentra del año 2022 en adelante.

Cuadro 5. Expectativas de largo plazo para la inflación

Por ciento

	Inflación general		Inflación subyacente	
	Encuesta		Encuesta	
	mayo	junio	mayo	junio
Promedio anual				
De uno a cuatro años¹				
Media	3.60	3.61	3.54	3.55
Mediana	3.50	3.55	3.50	3.50
De cinco a ocho años²				
Media	3.49	3.52	3.46	3.51
Mediana	3.50	3.50	3.50	3.50

1/ Corresponde al promedio anual de 2022 a 2025.

2/ Corresponde al promedio anual de 2026 a 2029.

Figura 5.23 Expectativa de Inflación en México

Del año 2022 al 2025 la media de inflación es de 3.61 %, del 2026 al 2029 la media de inflación es de 3.52%. Si se saca un promedio entre estos dos valores el resultado es de 3.565 %. Para efecto del cálculo de recuperación de inversión se redondea a 3.6% y este se toma como valor TMAR.

Por tratarse de un pronóstico de tiempo de recuperación de inversión, también es posible obtener el valor de la inflación para TAMAR de los incrementos de las tarifas de agua de los últimos 4 años, pudiendo ser válida esta suposición por ser incrementos reales como tendencia futura.

Costo de tarifa del agua uso doméstico para consumo de 25 mts ³			
Año	Costo agua	% de incremento	Promedio de incremento
2018	345.08	0	8.95%
2019	388.18	12.48	
2020	417.49	7.55	
2021	446.00	6.82	

Tabla 5.13 Promedio de Incremento en Inflación

5.15. Valor Presente Neto

Contando con el pronóstico de inflación para utilizarlo en el TMAR, ahora se calcula a Valor Presente para saber en cuanto tiempo el valor de la inversión que es la obra de captación pluvial se recupera. Después de los años que el resultado arroje, los beneficios anuales se consideran netos.

$$VPN = - \text{Inversión Inicial} + \text{Beneficio} \left[\frac{(1+i)^n - 1}{i} \right] + VS \left[\frac{F}{(1+i)^n} \right]$$

Por ser el VS (Valor de Salvamento) igual a cero, la última parte de la fórmula no aplica.

i= TMAR (Tasa Mínima Aceptable de Rendimiento)

n= Tiempo de recuperación de la inversión

$$\text{Inversión Inicial} = \text{Beneficio} [(1 + i)^n - 1 / i (1 + i)^n]$$

Recordamos que el valor de la Inversión anual es el costo de la obra de captación pluvial con un valor total de 576,950.04 pesos mexicanos.

El valor n= se tomará haciendo varias operaciones hasta que el valor de la inversión se acerque a valor cero. El Beneficio recordamos que es el ahorro del costo del agua con la obra de captación.

Propuesta 1.

Fórmula con opción 3, TMAR 3.6% a tarifa en agua de uso doméstico

$$\text{Inversión Inicial} = \text{Beneficio} [(1 + i)^n - 1 / i (1 + i)^n]$$

$$n = 17$$

$$576,950.04 = 41,592.71 [(1 + 0.036)^{17} - 1 / 0.036 (1 + 0.036)^{17}]$$

$$576,950.04 = 41,592.71 [12.5519]$$

576,950.04 = 522,067.53 en esta ocasión falta para que se iguale a cero.

Ahora el $n = 20$

$$576,950.04 = 41,592.71 \left[(1 + 0.036)^{20} - 1 / 0.036 (1 + 0.036)^{20} \right]$$

$$576,950.04 = 41,592.71 [14.08]$$

$576,950.04 = 585,819.11$ en este caso el valor se pasa pero está bastante cerca.

Ahora el valor $n = 19$

$$576,950.04 = 41,592.71 [13.58]$$

$576,950.04 = 565,315.89$ este valor se queda corto pero muy cercano

Se concluye que el Tiempo de Recuperación de la inversión es de 19 años y meses, se redondea a 20 años por estar más cerca a la igualdad de cero.

Propuesta 2

Fórmula con opción 3, TMAR 8.95 % tarifa uso doméstico

n= 10

$$576,950.04 = 41,592.71 \left[(1 + 0.0895)^{10} - 1 / 0.0895 (1 + 0.0895)^{10} \right]$$

$$576,950.04 = 41,592.71 [6.4318]$$

$$576,950.04 = 267,515.99 \text{ se queda demasiado corto}$$

Ahora con n= 30

$$576,950.04 = 41,592.71 [10.22]$$

$$576,950.04 = 425,387.21 \text{ sigue quedando corto el tiempo}$$

Ahora con $n = 60$

$$576,950.04 = 41,592.71 [11.11]$$

$576,950.04 = 462,009.32$ sigue quedando corto el tiempo de recuperación.

Aunque es poco probable que la inflación de un país llegue a estar por arriba de 8.95%, se puso a prueba para tener la comparación y concluir que, a mayor tasa de inflación de un país, mayor es el tiempo de recuperación de una inversión. Los economistas de un país cuidarán que la inflación a su mando no se dispare por ser este un riesgo para la futura inversión de capitales por parte de capitales extranjeros.

Propuesta 3

Fórmula con opción 4, TMAR 3.6% a tarifa en agua de uso gubernamental
n= 40

$$576,950.04 = 9,131.47 [(1 + 0.036)^{40} - 1 / 0.036 (1 + 0.036)^{40}]$$

$$576,950.04 = 9,131.47 [21.02]$$

$$576,950.04 = 192,014.02$$

Ahora con n= 60

$$576,950.04 = 9,131.47 [24.45]$$

$$576,950.04 = 223,267.39$$

En este caso el costo de recuperación de la inversión no llega a concretarse. Sin embargo, hay que seguir proponiendo obras de ahorro de agua, no tanto por el costo, más bien por escasez que en algunos años podría dañar el ambiente el cual habitamos. Para entonces el planteamiento será el de la salud y bienestar humana y no del tipo económico.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo mostrar que el procedimiento para lograr encontrar una solución factible para regar áreas verdes urbanas tratando de utilizar otras fuentes hídricas diferentes a la potable, es posible replicarlo en otros puntos de la ciudad con características similares a las del caso en particular que se tomó como referencia que fue el del Parque La Joya.

La inquietud en trabajar sobre este tema surge al tener el conocimiento de la situación del agua en Ciudad Juárez, que como se ha mencionado en el capítulo 3, punto 3.1.1. sobre “agua disponible para suministro”, y sobre el conocimiento adquirido durante el tiempo de elaboración de la presente tesis donde se resalta la importante función que cumplen los parques y áreas verdes urbanas y los múltiples beneficios para el hombre, ambiente, fauna y vegetación local.

Habiendo resuelto la importancia de conservar estos espacios verdes, el siguiente paso fue hacer una búsqueda de opciones y posibilidades para utilizar un recurso hídrico más adecuado, esto con el objetivo de dejar libre la opción potable para actividades de consumo humano directo como lo pueden ser cocinar, beber, actividades de aseo personal y de limpieza.

Este tipo de proyectos en el pasado pudieran parecer exagerados y el gasto de invertir en uno así pudiera no ser justificado, sin embargo, el mundo ha presenciado cambios importantes muy recientemente como el llamado cambio climático, frecuencia de lluvia, sobrepoblación en las ciudades, desastres naturales cada vez con más frecuencia como lo son los incendios forestales, etc., Todo esto nos hace reflexionar como humanidad que hay que encontrar soluciones reales ahora para no padecer los estragos de no haber actuado a tiempo.

Un proyecto como el que se está presentando, maneja ciertas cifras de costos de agua basándose en lo ahora conocido, sin embargo, se sabe que para el año 2030 las cosas pueden ser muy diferentes, y al haber más demanda de agua potable y menos recurso hídrico estos costos pudieran llegar a ser mucho mayores, será entonces que el esfuerzo de invertir en una obra de recolección de agua por cosecha de lluvia tenga más sentido.

Al hacer los comparativos del costo del agua sin obra que fueron \$144,163.72 pesos mexicanos y costos con obra de captación pluvial que fueron de \$92,974.94, se observa que el ahorro es de alrededor de 35% (ver tabla 5.12), el presente trabajo de investigación pudiera concluir que, al hacer una obra de captación por cosecha de lluvia, ese 35% de ahorro de agua por riego pudiera replicarse en mas puntos de la ciudad.

El retorno del agua de lluvia que alimenta a los bolsones de El Hueco y Mesilla por escurrimientos no se verían afectados porque de todos modos esa agua regresaría, solo que en riego postergado y al ser el agua almacenada en contenedores tipo cisterna se evita evaporación del líquido, que en una zona tan caliente como lo es Ciudad Juárez suele ocurrir.

Sin duda alguna la más recomendable y mejor opción para riego de parques y áreas verdes urbanas es con agua tratada, ya sea por camiones cisterna o por línea morada, para completar lo que el agua de lluvia no pudiera cubrir en la demanda hídrica del mantenimiento de los parques, sin embargo, se observó que no existen los suficientes camiones cisterna en la ciudad para cubrir dicha demanda, y eso sin tomar en cuenta los costos de llevarla que son de gasolina, mantenimiento de las unidades, los sueldos de los operadores y el tiempo invertido para tal actividad. La línea morada que en la actualidad solo está conectada a algunas empresas que utilizan sistemas de enfriamiento y en el riego de los parques del camellón de la zona de Campos Elíseos en Ciudad Juárez es en realidad insuficiente. Valdría la pena hacerle ver a las autoridades gubernamentales que invertir en obras de este tipo podría ser la diferencia en un futuro no muy lejano entre tener agua potable disponible o no. Esto sin dejar de lado que el agua recabada por cosecha de lluvia sigue teniendo importancia a la hora de ahorros del recurso hídrico.

El reglamento municipal de construcción para riego de áreas verdes urbanas que se encuentra en la siguiente liga <https://www.imip.org.mx/imip/node/143> , menciona que las constructoras deben dejar listo en los proyectos inmobiliarios una preparación de cisternas para recabar agua tratada y utilizarla para el riego de áreas verdes o conexión a línea morada, sin embargo, esta reglamentación del 2004 deja fuera todo lo que ya antes estaba fincado. Por lo que buscar opciones para las zonas construidas antes de esa fecha se vuelve relevante.

En el caso de la presente investigación para el Parque La Joya la mas y mejor forma viable con lo que ahora se cuenta en el riego mixto, que es con agua de lluvia y completar con el riego existente de agua potable. Eventualmente la Junta Municipal de Agua y Saneamiento (JMAS) Juárez realiza donaciones de excedentes de agua tratada en sus camiones cisterna, que si se hiciera una solicitud escrita para que se tomara en cuenta este parque y recibir ese recurso hídrico disminuiría aún más el consumo de agua potable para riego.

Sobre el presente trabajo se concluye entonces que, en el riego híbrido con agua de lluvia y agua potable para completar requerimiento hídrico, utilizando una obra de captación por escurrimiento pluvial, lo que se conoce como cosecha de lluvia, tendría un tiempo de recuperación de la inversión de 19 años y algunos meses. Después de ese tiempo, toda el agua que se reciba se consideraría ganancia, esto utilizando los costos de la tarifa de uso doméstico ya que en la actualidad se está utilizando el agua de la misma toma que el fraccionamiento se abastece del recurso.

De la vida útil de la obra se estima de 35 años o mucho más, esto es porque las cisternas marcan que al menos cuentan con una garantía por ese tiempo, aunque después de ese lapso, solo habría que hacer algún reemplazo y la obra pudiera seguir igual que siempre, por lo que el beneficio de una obra como esta podría ser indefinida.

<https://www.imip.org.mx/imip/node/143>

REFERENCIAS

- (JMAS), J. M. d. A. y. S. (2019). ¿Porqué usar agua tratada para regar nuestras áreas verdes? In. Al-Ismaili, A. M., Ahmed, M., Al-Busaidi, A., Al-Adawi, S., Tandlich, R., & Al-Amri, M. (2017). Extended use of grey water for irrigating home gardens in an arid environment. *Environmental Science and Pollution Research*, 24(15), 13650-13658. doi:10.1007/s11356-017-8963-z
- Baca, G. U. (2007). Fundamentos de Ingeniería Económica (4 ed.).
- Barnes, M. R., Donahue, M. L., Keeler, B. L., Shorb, C. M., Mohtadi, T. Z., & Shelby, L. J. (2019). Characterizing Nature and Participant Experience in Studies of Nature Exposure for Positive Mental Health: An Integrative Review. *Frontiers in Psychology*, 9. doi:10.3389/fpsyg.2018.02617
- Camp, C. R. (1998). Subsurface drip irrigation: A review. *Transactions of the Asae*, 41(5), 1353-1367.
- CILA. (1973). Acta 242.
- CILA. (2001). Acta 307.
- CILA, J. d. C. J., Chih. (1998). Base de Datos Binacional del Acuífero Transfronterizo Cd. Juárez- El Paso.
- Clark, G. G., Jamal, R., & Weidhaas, J. (2019). Roofing material and irrigation frequency influence microbial risk from consuming homegrown lettuce irrigated with harvested rainwater. *Science of the Total Environment*, 651, 1011-1019. doi:10.1016/j.scitotenv.2018.09.277
- Daghighi, A., Nahvi, A., & Kim, U. (2017). Optimal Cultivation Pattern to Increase Revenue and Reduce Water Use: Application of Linear Programming to Arjan Plain in Fars Province. *Agriculture-Basel*, 7(9). doi:10.3390/agriculture7090073
- Dery, J. L., Rock, C. M., Goldstein, R. R., Onumajuru, C., Brassill, N., Zozaya, S., & Suri, M. R. (2019). Understanding grower perceptions and attitudes on the use of nontraditional water sources, including reclaimed or recycled water, in the semi-arid Southwest United States. *Environmental Research*, 170, 500-509. doi:10.1016/j.envres.2018.12.039
- Dirección General de Desarrollo Urbano, I. M. d. I. y. P., Ayuntamiento del Municipio de Juárez. (2015). *Reglamento de Desarrollo Urbano Sostenible del Municipio de Juárez, Chih.*
- Domene Gómez, E., & Saurí Pujol, D. (2003). Modelos Urbanos y consumo de agua. El riego de jardines privados en la región metropolitana de Barcelona. In (pp. pp.5-17). <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=17603201> Editorial Instituto Interuniversitario de Geografía, Barcelona, España.
- Friedlander, L., Tal, A., & Lazarovitch, N. (2013). Technical considerations affecting adoption of drip irrigation in sub-Saharan Africa. *Agricultural Water Management*, 126, 125-132. doi:10.1016/j.agwat.2013.04.014
- Gobierno_del_Estado_Libre_y_Soberano_de_Chihuahua. (2015). Folleto Anexo Acuerdo No. 079 Reglamento de Ecología y Protección al Ambiente del Municipio de Juárez, Chih.

- Ilias, A., Panoras, A., & Angelakis, A. (2014). Wastewater Recycling in Greece: The Case of Thessaloniki. *Sustainability*, 6(5), 2876-2892. doi:10.3390/su6052876
- Manual de lineamientos de diseño de infraestructura verde para municipios mexicanos, (Ayuntamiento 2015-2018).
- Instituto Municipal de Investigación y Planeación de Ciudad Juárez, C. (2016). *Guía de diseño para la infraestructura verde*.
<http://imip.org.mx/Beta/pdu2016/GUIA%20I.%20Densificacion.pdf>
- Kisakye, V., & Van der Bruggen, B. (2018). Effects of climate change on water savings and water security from rainwater harvesting systems. *Resources Conservation and Recycling*, 138, 49-63. doi:10.1016/j.resconrec.2018.07.009
- KRAJEWSKI, L., RITZMAN, L., & MALHOTRA, M. (2008). *Administración de operaciones. Procesos y cadenas de valor* (Octava ed.): Pearson Prentice Hall.
- Laaffat, J., Aziz, F., Ouazzani, N., & Mandi, L. (2019). Biotechnological approach of greywater treatment and reuse for landscape irrigation in small. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 26(1), 83-90. doi:10.1016/j.sjbs.2017.01.006
- Li, X. M., Zhou, W. Q., Ouyang, Z. Y., Xu, W. H., & Zheng, H. (2012). Spatial pattern of greenspace affects land surface temperature: evidence from the heavily urbanized Beijing metropolitan area, China. *Landscape Ecology*, 27(6), 887-898. doi:10.1007/s10980-012-9731-6
- Meerow, S., & Newell, J. P. (2017). Spatial planning for multifunctional green infrastructure: Growing resilience in Detroit. *Landscape and Urban Planning*, 159, 62-75. doi:10.1016/j.landurbplan.2016.10.005
- Nalwanga, R., Muyanja, C. K., McGuigan, K. G., & Quilty, B. (2018). A study of the bacteriological quality of roof-harvested rainwater and an evaluation of SODIS as a suitable treatment technology in rural Sub-Saharan Africa. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 6(3), 3648-3655. doi:10.1016/j.jece.2016.12.008
- Noticias_UNU. (2018). Las ciudades seguirán creciendo, sobre todo en los países en desarrollo. 16 de Mayo del 2018.
- Paredes Días, J. (2013). Importancia del agua. *Boletín*. 86.
- Salas-Platas Mendoza, J. A. (2006). Problemática del Agua y Crecimiento Urbano en Ciudad Juárez, Chihuahua. *Culcyt*, 5-18.
- Secretaría_del_Medio_Ambiente, R. N. y. P. (1998). NOM-003-ECOL-1997.
- Secretaría_de_Relaciones_Exteriores. (1944). El Tratado Internacional de Aguas celebrado entre México y los Estados Unidos: mecanismos de asignación de las aguas de los ríos Bravo y Colorado.
- Secretaría_de_Relaciones_Exteriores. (2019). Aguas subterráneas en al frontera entre México y Estados Unidos.
- Wolsink, M. (2016). 'Sustainable City' requires 'recognition' - The example of environmental education under pressure from the compact city. *Land Use Policy*, 52, 174-180. doi:10.1016/j.landusepol.2015.12.018
- Yang, Y., Wang, J. M., Liu, J., & Zhang, C. Y. (2019). ASSESSING THE EFFECTIVENESS OF PLANT COMMUNITY STRUCTURE IN COOLING, HUMIDIFYING, AND BIOCLIMATIC COMFORT IN SEMI-ARID URBAN GREEN SPACES. *Fresenius Environmental Bulletin*, 28(2A), 1235-1246.

GLOSARIO

“AGUA POTABLE: Aquella que reúna las características de calidad propias para ser ingerida por los seres humanos sin provocar efectos nocivos a la salud, conforme a lo establecido en las Normas Oficiales Mexicanas correspondientes.

AGUA RECICLADA: Aquella residual que, habiendo o no recibido tratamiento, es reintroducida en el proceso que la generó.

AGUA RESIDUAL: Aquella de composición variada proveniente de las descargas de uso público urbano, doméstico, industrial, comercial, de servicios, de plantas de tratamiento y, en general, de cualquier otro uso, así como la mezcla de ellas.

AGUA RESIDUAL TRATADA: Aquella de composición variada que proviene de un conjunto de operaciones y procesos de tratamiento a los cuales es sometida el agua residual.”

(DECRETO N°. 492/2011 I P.O., Ley del Agua del Estado de Chihuahua).