

**PROPUESTA METODOLÓGICA PARA EL DISEÑO DE SISTEMAS DE
RECOLECCIÓN DE AGUAS LLUVIAS EN GRANJAS AVÍCOLAS DEL MUNICIPIO
DE LEBRIJA, SANTADER.**

AUTORES:

RICARDO JOSE GARCIA

JUAN CARLOS MARTINEZ

DIRECTOR:

ING. SERGIO MANUEL PINEDA VARGAS PhD.

MODALIDAD:

PROYECTO DE GRADO

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA

ESCUELA DE INGENIERÍAS

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

2022

GLOSARIO

Agua potable: Agua apta para el adecuado consumo humano.

Agua lluvia: Agua originaria de la precipitación pluvial.

Agua de escorrentía: Agua que cae y fluye sobre las cubiertas de las estructuras, vías, calles o cualquier otra superficie impermeable a lo largo de un evento de lluvia.

Agua negra: Agua procedente de procesos domésticos o urbanos, no potable que contiene materia en suspensión y disolución tales como detergente, residuos, jabones, etc.

Aguas de contaminación agrícola: Agua procedente de procesos agrícolas con un DBO elevado con materia en suspensión, ácidos, etc.

Área de captación: Área definida para la recolección de agua lluvia.

Accesorios: Elementos componentes de un sistema de tuberías, diferentes de las tuberías en sí, como uniones, codos, tapones, uniones, válvulas, etc.

Captación: Grupo de estructuras necesarias para obtener el agua de una fuente de abastecimiento

Conducción: Componente por el cual se transporta el agua, ya sea a flujo libre o a presión.

Caudal: Cantidad de volumen por unidad de tiempo.

Coefficiente de escorrentía: Relación existente entre la escorrentía y la cantidad de agua lluvia que cae en un área determinada.

Demanda: Cantidad y calidad de bienes y servicios que pueden ser adquiridos.

Escorrentía: Flujo de agua procedente de agua lluvia que circula por la superficie del suelo.

Filtración: Operación en la cual se hace pasar el agua a través de un medio poroso cuyo objetivo es la mayor retención de materia para la conducción del agua.

Intensidad de precipitación: Cantidad de agua lluvia caída sobre una superficie a lo largo de un tiempo determinado.

Oferta: Cantidad de bienes o servicios que los productores están dispuestos a ofrecer.

Precipitación: Volumen de agua que cae por acción de gravedad sobre la superficie de la tierra en forma de lluvia, nieve o granizo derivado de la condensación del vapor de agua.

Tanques de almacenamiento: Estructura diseñada para proveer una reserva de agua de presión uniforme o actuar como válvula de alivio de sistema de bombeo y proveer reservas por fallas de la fuente de abastecimiento.

Tubo o Tubería: Conducto prefabricado o construido de diversos materiales como concreto, plástico, poliuretano de alta densidad, hierro fundido, gres vitrificado, PVC, cuya tecnología y proceso de fabricación cumpla con las normas técnicas correspondientes.

Rebosadero: Estructura hidráulica destinada a contener y evitar que el nivel de agua supere una cota determinada, permite la evacuación del exceso del agua en una estructura de almacenamiento hacia un lugar conveniente.

Red de distribución: Conjunto de tuberías, accesorios y estructuras destinadas a la conducción desde la zona de almacenamiento hasta los puntos de consumo.

Recurso natural: Bien o servicio proporcionado por la naturaleza sin ningún tipo de alteración por parte del ser humano.

Recurso renovable: Recurso natural que se puede restaurar mediante procesos naturales a una velocidad superior a la del consumo humano.

Sistema: Es un conjunto de procedimientos que al unirse y ejecutarse logran un objetivo en común.

Sistema de agua lluvia: se fundamentan en adaptar el tejado o cubierta con el fin de captar el agua de las precipitaciones para que posteriormente pasen por unos canales que los guiarán por un proceso de filtración y purificación, para que sean almacenados en reservorios o tanques.

TABLA DE CONTENIDO

1. Resumen	9
2. Introducción	11
3. Objetivos.....	13
3.1. Objetivo general.....	13
3.2. Objetivos específicos	13
3.3. Alcance	14
4. Marco conceptual	15
4.1. Hidrología	15
4.2. Hidráulica.....	15
4.3. Agua superficial	15
4.4. Agua lluvia en Colombia	15
4.5. Sistemas de captación de agua lluvia.....	15
4.6. Curva IDF	16
4.7. Sector avícola	16
4.8. Área de captación	17
4.9. Sistema de conducción.....	18
4.10. Dispositivo de remoción de contaminantes y filtración.....	18
4.11. Tanques de almacenamiento.....	19
5. Marco teórico	21
5.1. Análisis hidrológico	21
5.2. Metodología expuesta por el Ing. Rafael Pérez Carmona	24
6. Antecedentes.....	26
7. Metodología.....	30
7.1. Fase 1: identificación granjas avícolas en el Municipio de Lebrija.....	30
7.2. Fase 2: recolección de la información pluviométrica existente de la zona.....	30
7.3. Fase 3: estimar y comparar el caudal captado contra el caudal demandado.	30
7.4. Fase 4: diseño sistema de recolección de aguas lluvias.	30
7.5. Fase 5: análisis costo/beneficio de la implementación del sistema de recolección de aguas lluvias.....	31
8. Resultados y Análisis.....	32
8.1. Identificación granjas avícolas en el Municipio de Lebrija.....	32
8.2. Análisis hidrológico	48
8.2.1. Información hidro climática	48
8.2.2. Periodo de retorno	49

8.2.3. Factor de reducción de área.....	49
8.2.4. Coeficiente de escurrentía.....	49
8.2.5. Tiempo de concentración	49
8.2.6. Intensidad de diseño.....	50
8.2.7. Precipitación de diseño – estación AEROPUERTO PALONEGRO [23195502].	51
8.2.8. Precipitación de diseño – estación LAGUNA LA [23190260]	52
8.2.9. Precipitación de diseño – estación NARANJO EL [23190440]	53
8.2.10. Precipitación de diseño – estación PALMAS [23190380].....	54
8.3. Comparación del caudal captado contra el caudal demandado	55
8.4. Diseño sistema de recolección aguas lluvias.....	60
8.5. Análisis costo/beneficio de la implementación del sistema de recolección de aguas lluvias.	65
8.6. Infografía con el procedimiento de la guía metodológica para el diseño de sistemas de recolección de aguas lluvias en granjas avícolas.	67
9. Conclusiones	68
10. Recomendaciones	70
11. Anexos.....	71
11.1. Anexo A: transformación de coordenadas.	71
11.2. Anexo B: descarga de información pluviometría existente de la base de datos del IDEAM.	76
11.3. Anexo C: Creación Polígonos de Thiessen.	80
11.4. Anexo D: Uso de las tablas dinámicas.....	83
11.5. Anexo E: Memoria de cantidades y APU's.	86
12. Bibliografía.....	98

Lista de tablas

Tabla 1- Demanda de agua para algunas especies de animales.....	17
Tabla 2: Períodos de retorno recomendados.	21
Tabla 3: Factor de reducción de área.....	22
Tabla 4: Coeficientes de escorrentía.....	22
Tabla 5: Parámetros de ajuste de la regresión.....	24
Tabla 6: Proyección horizontal en m2 de área servida.....	25
Tabla 7. Antecedentes del proyecto	26
Tabla 8: Granjas avícolas en Lebrija – Santander.....	32
Tabla 9: Área de las cubiertas de las Granjas avícolas en Lebrija – Santander	43
Tabla 10: Información IDEAM.	48
Tabla 11: Demanda de agua por cada granja avícola.....	55
Tabla 12: Granjas afectadas según Polígonos de Thiessen	58
Tabla 13: Caudal captado mensualmente por las cubiertas de los galpones.....	58
Tabla 14: Comparación caudal demandado vs caudal captado.....	59
Tabla 15: Distribución de granjas según Zona.	60
Tabla 16: Área de cubiertas en la Granja Fátima.....	61
Tabla 17: Intensidad de diseño según Zona.	63
Tabla 18: Presupuesto Sistema De Recolección De Aguas Lluvias Para El Galón F1 De La Granja Avícola Fátima - En Lebrija Santander	65
Tabla 19: Calculo del periodo de retorno de la inversion.	66
Tabla 20: Calculo del periodo de retorno de la inversión.	69
Tabla 21: Demanda de agua por cada granja avícola.....	83
Tabla 22: Caudal captado mensualmente por las cubiertas de los galpones.....	84
Tabla 23: Comparación caudal demandado vs caudal captado.....	85

Lista de ilustraciones

Ilustración 1- Sistema de captación de agua lluvia en techos	17
Ilustración 2- Sistema de conducción de agua lluvia en techos	18
Ilustración 3- Dispositivo de remoción de contaminantes y filtración.....	18
Ilustración 4. Plano de ubicación general de las granjas avícolas de Lebrija Santander.	33
Ilustración 5 – Galpones granja avícola el Tesoro.....	34
Ilustración 6 – Galpones granja avícola Villa Betty.....	34
Ilustración 7 – Galpones granja avícola Caciquito Sanmarino	35
Ilustración 8 – Galpones granja avícola Alto Viento	35
Ilustración 9 – Galpones granja avícola La Javeriana	36
Ilustración 10 – Galpones granjas avícolas Diana Marcela y Diana Carolina	36
Ilustración 11 – Galpones granja avícola Borinquen	37
Ilustración 12 – Galpones granja avícola San Marino – Granja San Nicolas	37
Ilustración 13 – Galpones granja avícola Bariloche.....	38
Ilustración 14 – Galpones granja avícola Villa Mary.....	38
Ilustración 15 – Galpones granja avícola Lago Grande.....	39
Ilustración 16 – Galpones granja avícola San Felipe y Guatavita	39
Ilustración 17 – Galpones granja avícola Andalucía, Santa Isabel y San Gabriel	40
Ilustración 18 – Galpones granja avícola Santa María	40
Ilustración 19 – Galpones granja avícola Santa Sofia	41
Ilustración 20 – Galpones granja avícola Muisca	41
Ilustración 21 – Galpones granja avícola la Conquista.....	42
Ilustración 22 – Galpones granja avícola San Isidro	42
Ilustración 23 – Galpones granja avícola Fátima.....	43
Ilustración 24- Ubicación de las estaciones pluviométricas analizadas.....	48
Ilustración 25 - Curva IDF AEROPUERTO PALONEGRO [23195502]	51
Ilustración 26 - Curva IDF LAGUNA LA [23190260].....	52
Ilustración 27 - Curva IDF NARANJO EL [23190440]	53
Ilustración 28 - Curva IDF PALMAS [23190380]	54
Ilustración 29 – Zonas de influencia de las diferentes estaciones pluviométrica.....	56
Ilustración 30 – Granja Fátima	60
Ilustración 31 – Galpón F1 de la Granja Fátima	62
Ilustración 32 – Verificación hidráulica canaleta PVC de 12 cm.....	64
Ilustración 33 – Trazado pluvial galpón F1	65
Ilustración 34 – Interfaz Global Mapper.....	71
Ilustración 35 – Puntos cargados en Global Mapper	72
Ilustración 36 – Opción configuración en Global Mapper	72
Ilustración 37 – Menú configuración en Global Mapper	73
Ilustración 38 –Configuración de projection en Global Mapper	74
Ilustración 39 – Exportar archivo desde Global Mapper a .dwg o .DXF	75

Ilustración 40 – Interfaz página web “Consulta y Descarga de Datos Hidrometereológicos”	76
Ilustración 41 – Parámetros de descarga para una estación pluviométrica	77
Ilustración 42 – Datos de la estación y descarga de datos.	78
Ilustración 43 – Paso 1 para la creación de Polígonos de Thiessen	80
Ilustración 44 – Paso 2 cargue de puntos para la creación de Polígonos de Thiessen..	81
Ilustración 45 – Paso 3 para la creación de Polígonos de Thiessen	81
Ilustración 46 – Memoria de cantidades Tubería PVC 4 Pulg Para Bajantes De Aguas Lluvias.	86
Ilustración 47 – Memoria de cantidades Codo 45° PVC 4 Pulg.	87
Ilustración 48 – Memoria de cantidades Yee Sanitaria de 4X4 CXC PVC 4 Pulg.	88
Ilustración 49 – Memoria de cantidades Canal Amazonas en PVC.	89
Ilustración 50 – Memoria de cantidades Tubería de ½ Pulg.....	90
Ilustración 51 – Memoria de cantidades Tanque de Almacenamiento de 2000L.	91
Ilustración 52 – Análisis de Precios Unitarios Tubería PVC 4 Pulg Para Bajantes De Aguas Lluvias.	92
Ilustración 53 – Análisis de Precios Unitarios Codo 45° PVC 4 Pulg.	93
Ilustración 54 – Análisis de Precios Unitarios Yee Sanitaria de 4X4 CXC PVC 4 Pulg. .	94
Ilustración 55 – Análisis de Precios Unitarios Canal Amazonas en PVC.	95
Ilustración 56 – Análisis de Precios Unitarios Tubería de ½ Pulg.	96
Ilustración 57 – Análisis de Precios Unitarios Tanque de Almacenamiento de 2000L. ..	97

Lista de imágenes

Imagen 1- Tanques de almacenamiento	20
---	----

1. Resumen

RESUMEN GENERAL DE TRABAJO DE GRADO

TITULO:	Propuesta metodológica para el diseño de sistemas de recolección de aguas lluvias en granjas avícolas del municipio de Lebrija, Santander.
AUTOR(ES):	Juan Carlos Martínez Peñaranda Ricardo Jose García Pereira
PROGRAMA:	Facultad de Ingeniería Civil
DIRECTOR(A):	Sergio Manuel Pineda Vargas

RESUMEN

Debido a la creciente urbanización y expansión territorial, la demanda del agua potable en territorios nacionales se ha incrementado notablemente, sin mencionar que en muchos lugares del territorio colombiano no hay acceso a este servicio, esto conlleva a desarrollar nuevas alternativas las cuales permitan un mejor aprovechamiento del agua potable para el consumo humano y uso en actividades diarias. Según Duran Juárez, Juan Manuel, y Torres Rodríguez, Alicia. (2006), la disponibilidad de agua es un problema actual complejo en el que intervienen muchos factores además de aumentar el crecimiento de la población. También es necesaria para el consumo humano, cuando se trata de la actividad económica. Con el tiempo, el crecimiento urbano e industrial, el desarrollo excesivo y la contaminación del agua han causado conflictos y escasez de agua que han tenido un gran impacto en las ciudades y pueblos. La presente investigación tiene como objetivo modificar el patrón de consumo de agua en uno de los sectores productivos más exitosos de nuestro territorio santandereano como lo es el sector avícola el cual depende mucho del recurso hídrico para su funcionamiento, saneamiento y salubridad (Ortiz Bernal, 2018). Debido a la necesidad de ahorrar y cuidar el recurso hídrico se plantea de evaluar y adoptar sistemas de recolección de aguas lluvias en estas empresas con el fin de disminuir la demanda y utilización del agua potable para actividades que no necesitan la disposición de un agua altamente purificada para su ejecución y sustituirlas por sistemas de captación, almacenamiento y distribución de agua lluvia que minimizar el consumo del agua potable en nuestra región para aprovecharlo de una manera responsable y duradera.

PALABRAS CLAVE:

Escorrentía, Filtración, Intensidad de precipitación, Precipitación, Tanques de almacenamiento, Tubo o Tubería, Rebosadero, Red de distribución, Recurso natural, Recurso renovable, Sistema, Sistema de agua lluvia.

V° B° DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO

GENERAL SUMMARY OF WORK OF GRADE

TITLE: Methodological proposal for the design of rainwater collection systems in poultryfarms in the municipality of Lebrija, Santander.

AUTHOR(S): Juan Carlos Martinez
PeñarandaRicardo Jose
Garcia Pereira

FACULTY: Facultad de Ingeniería Civil

DIRECTOR: Sergio Manuel Pineda Vargas

ABSTRACT

Due to the growing urbanization and territorial expansion, the demand for drinking water in national territories has increased notably, not to mention that in many places in the Colombian territory there is no access to this service, this leads to the development of new alternatives which allow better use. drinking water for human consumption and use in daily activities. According to Duran Juárez, Juan Manuel, and Torres Rodríguez, Alicia. (2006), the availability of water is a complex current problem in which many factors intervene in addition to increasing population growth. It is also necessary for human consumption, when it comes to economic activity. Over time, urban and industrial growth, overdevelopment, and water pollution have caused conflicts and water scarcity that have had a major impact on cities and towns. The objective of this research is to modify the pattern of water consumption in one of the most successful productive sectors of our Santander territory, such as the poultry sector, which depends a lot on water resources for its operation, sanitation and health (Ortiz Bernal, 2018). Due to the need to save and take care of the water resource, it is proposed to evaluate and adopt rainwater collection systems in these companies in order to reduce the demand and use of drinking water for activities that do not require the provision of highly purified water. for its execution and replace them with rainwater collection, storage and distribution systems that minimize the consumption of drinking water in our region to take advantage of it in a responsible and lasting way.

KEYWORDS:

Runoff, Filtration, Precipitation intensity, Precipitation, Storage tanks, Tube or Pipe, Overflow, Distribution network, Natural resource, Renewable resource, System, Rainwater system.

V° B° DIRECTOR OF GRADUATE WORK

2. Introducción

Debido a la creciente urbanización y expansión territorial, la demanda del agua potable en territorios nacionales se ha incrementado notablemente, sin mencionar que en muchos lugares del territorio colombiano no hay acceso a este servicio, esto conlleva a desarrollar nuevas alternativas las cuales permitan un mejor aprovechamiento del agua potable para el consumo humano y uso en actividades diarias.

Uno de los principales problemas hoy en día es el hecho de que la gestión del agua no se practica de manera sostenible en gran parte del planeta y, a pesar de la demanda cada vez mayor, se ha vuelto difícil imaginar la industria en estos días... es difícil... el agua de todos modos. Su proceso como ingrediente o materia prima para calentar, enfriar, fabricar o terminar. En otras palabras, puedes decir que no puedes hacer casi nada sin agua.

Según Duran Juárez, Juan Manuel, y Torres Rodríguez, Alicia. (2006), la disponibilidad de agua es un problema actual complejo en el que intervienen muchos factores además de aumentar el crecimiento de la población. También es necesaria para el consumo humano, cuando se trata de la actividad económica. Con el tiempo, el crecimiento urbano e industrial, el desarrollo excesivo y la contaminación del agua han causado conflictos y escasez de agua que han tenido un gran impacto en las ciudades y pueblos.

La presente investigación tiene como objetivo modificar el patrón de consumo de agua en uno de los sectores productivos más exitoso de nuestro territorio santandereano como lo es el sector avícola el cual depende mucho del recurso hídrico para su funcionamiento, saneamiento y salubridad (Ortiz Bernal, 2018).

Debido a la necesidad de ahorrar y cuidar el recurso hídrico se plantea de evaluar y adoptar sistemas de recolección de aguas lluvias en estas empresas con el fin de disminuir la demanda y utilización del agua potable para actividades que no necesitan la disposición de un agua altamente purificada para su ejecución y sustituirlas por sistemas de captación, almacenamiento y distribución de agua lluvia que minimizar el consumo del agua potable en nuestra región para aprovecharlo de una manera responsable y duradera.

ABSTRACT

Due to the growing urbanization and territorial expansion, the demand for drinking water in national territories has increased notably, not to mention that in many places in the Colombian territory there is no access to this service, this leads to the development of new alternatives which allow better use. drinking water for human consumption and use in daily activities.

One of the main problems today is the fact that water management is not practiced in a sustainable way in much of the planet and, despite the ever-increasing demand, it has become difficult to imagine the industry these days. .. it's hard... the water anyway. Its process as an ingredient or raw material to heat, cool, manufacture or finish. In other words, you can say that you can do almost nothing without water.

According to Duran Juárez, Juan Manuel, and Torres Rodríguez, Alicia. (2006), the availability of water is a complex current problem in which many factors intervene in addition to increasing population growth. It is also necessary for human consumption, when it comes to economic activity. Over time, urban and industrial growth, overdevelopment, and water pollution have caused conflicts and water scarcity that have had a major impact on cities and towns.

The objective of this research is to modify the pattern of water consumption in one of the most successful productive sectors of our Santander territory, such as the poultry sector, which depends a lot on water resources for its operation, sanitation and health (Ortiz Bernal, 2018).

Due to the need to save and take care of the water resource, it is proposed to evaluate and adopt rainwater collection systems in these companies in order to reduce the demand and use of drinking water for activities that do not require the provision of highly purified water. for its execution and replace them with rainwater collection, storage and distribution systems that minimize the consumption of drinking water in our region to take advantage of it in a responsible and lasting way.

3. Objetivos

3.1. Objetivo general

Proponer una guía metodológica para el diseño de sistemas de recolección de aguas lluvias en granjas avícolas, usando la metodología expuesta por el Ing. Rafael Pérez Carmona que sea adaptable a las necesidades del sector avícola del municipio de Lebrija y del departamento de Santander.

3.2. Objetivos específicos

- Identificar granjas avícolas en el municipio de Lebrija, Santander en imágenes satelitales mediante herramientas SIG para determinar el potencial de recolección de las áreas de cubiertas.
- Determinar características hidrológicas de la zona mediante la información pluviométrica del IDEAM de las diferentes estaciones pluviométricas existentes en el municipio de Lebrija, Santander.
- Comparar el caudal captado contra el caudal demandado para un caso de estudio, mediante tablas dinámicas para conocer el porcentaje de abastecimiento que se lograría al implementar el sistema de recolección de aguas lluvias.
- Realizar una infografía que permita presentar el procedimiento de la guía metodológica para el diseño de sistemas de recolección de aguas lluvias en granjas avícolas.
- Hacer un análisis costo/beneficio de la implementación de un sistema de recolección de aguas lluvias comparando los costos de instalación contra el costo ahorrado en el consumo de agua potable, para así conocer el periodo de retorno de la inversión y si es viable la implementación de dicho sistema.

3.3. Alcance

El proyecto involucró la evaluación de un sistema de recolección de agua de lluvia para cobertura de suelo para una granja avícola en el departamento de Santander. Por tanto, para el proceso de planificación se recogerán los datos necesarios para la ejecución técnica del proyecto, y se completará la fase de diseño, dando la mejor solución al problema.

La relación costo-beneficio del impacto del proyecto en la industria avícola de Santander será evaluada y utilizada con fines educativos, pero podrá ser realizada por empresarios de la región mencionados en el sitio o por un tercero.

Finalmente, para el sistema de suministro de aguas pluviales, se sugerirán algunas recomendaciones para el cuidado y mantenimiento adecuado del sistema.

4. Marco conceptual

4.1. Hidrología

La hidrología es la rama de las ciencias de la Tierra que estudia el agua con todos sus usos, como su presencia, distribución y circulación en el ciclo hidrológico, y la relación que tiene con los organismos vivos. También se basa en el estudio de los componentes físicos, químicos y mecánicos del agua, incluida la precipitación, la escorrentía, la saturación del suelo, la transpiración y el balance de masa de hielo.

4.2. Hidráulica

Es la rama de la ingeniería civil que estudia las propiedades mecánicas de los fluidos para entender mejor su comportamiento y se divide en hidrostática e hidrodinámica.

4.3. Agua superficial

El agua superficial se refiere al cuerpo de agua compuesto por arroyos, ríos, lagos, etc. Sin embargo, el agua que fluye naturalmente en la superficie de la Tierra debe ser estudiada para medir su salud, el flujo disponible y la calidad del agua.

4.4. Agua lluvia en Colombia

El ciclo hidrológico de Colombia se caracteriza a nivel nacional por períodos húmedos y secos (llamados múnadas) y períodos bilaterales, lo que indica la existencia de uno o más períodos húmedos y secos.

La ubicación geográfica de Colombia concurre en una franja denominada “zona de confluencia intertropical” la cual se ve influenciada por los vientos alisios del noroeste y del sureste que gracias a esto favorecen a la nubosidad y por ende en Colombia contamos con un rendimiento hídrico que equivale a 6 veces el promedio mundial y 3 veces el rendimiento en Latinoamérica esto quiere decir que Colombia es un país rico en precipitaciones durante las diversas temporadas del año y en las diferentes regiones del país este fenómeno puede incidir en fuertes periodos secos o húmedos (Nacional De Colombia, 2017)

4.5. Sistemas de captación de agua lluvia

Los sistemas de agua lluvia o también llamados SCALL por sus siglas, son en forma general sistemas que interceptan y utilizan el agua lluvia. Se componen de varios elementos cuya función es captar, conducir, filtrar y almacenar el agua captada en los eventos de precipitación sobre determinada área y dependiendo de la zona o tipo de

estructura se opta por agregar dispositivos dedicados al bombeo y distribución como lo son edificaciones verticales, zonas con altas pendientes, o extensos tramos de conducción que por inercia el agua no fluiría normalmente (Ballén Suárez et al., 2006).

En la actualidad debido al cambio climático se ha optado por la implementación de sistemas de captación de agua lluvia a pequeña escala pues como ya se sabe estos sistemas cuentan con ventajas y desventajas. Dentro de las ventajas que cuentan estos sistemas es que no quedan sujetos al sistema de red de abastecimiento, esto quiere decir que es independiente a empresas de servicios públicos, es gratis para quien la recolecta y es libre de cloro, pesticidas entre otras ya que es un agua suave y rica en nutrientes como potasio, calcio, magnesio entre muchos otros. Este sistema presenta desventajas en épocas de sequías porque puede llegar a contaminarse por animales, materias orgánicas y contaminantes atmosféricos (Hugues, 2019).

4.6. Curva IDF

La IDF o curva de intensidad-duración-frecuencia es una relación matemática entre la intensidad de la precipitación, la duración y la frecuencia observada, generalmente empírica. La probabilidad de ocurrencia de precipitaciones intensas se puede caracterizar por el período de retorno obtenido a partir de la inversa de la frecuencia acumulada.

La curva de frecuencia de duración de intensidad representa la probabilidad de ocurrencia o frecuencia (F), también conocida como período de retorno, en una duración determinada (D) que normalmente puede ser de 30, 60, 90, 120 o 360 minutos y se estima que ocurrirá en años.

4.7. Sector avícola

El sector avícola es uno de los sectores más potentes del país, aportando con el 10% del producto interno del país y generando cerca de 450.000 empleos directos y produciendo 1.85 toneladas de pollo y más de 11.529 millones de huevos anualmente. Este sector aumento el consumo per cápita de pollo de 16.2 a 29.5 kg y el consumo per cápita de huevo de 179 unidades a 242 unidades durante la última década en el territorio colombiano. Además, es un gran impulso de los colombianos logrando capacitar a 18.000 productores en más de 200 municipios del país. A causa de este gran crecimiento la industria se ha tenido que ver obligada a tecnificar sus procesos de producción mejorando su infraestructura, sus plantas de incubación, e implementando nuevas tecnologías útiles en el sector. Lo que conlleva a una gran inversión de dinero en costos directos y sus costos indirectos (Arenas-Navarro et al., 2020).

El agua es un producto importante para la industria ya que es incluso superior a la ingesta de los animales, el agua en las granjas avícolas no solo es un nutriente esencial sino que también forma parte de funciones fisiológicas básicas como: la digestión y absorción de nutrientes, la termorregulación y la eliminación de desechos son importantes componentes de la sangre y los tejidos. Estas funciones fisiológicas dependen

directamente del agua, posiblemente los pollos consumen el doble de agua que alimento y pueden alterarse en mayor medida en condiciones de calor. Algunos de los factores que afectan el consumo de agua de los pollos son la edad, el sexo y la temperatura ambiente. (Morales Ayala, 2016).

Tabla 1- Demanda de agua para algunas especies de animales.

Requerimientos de agua de algunas especies animales	
Especie	Requerimientos de agua (litros/día)
Vacas adultas secas	57
Vacas adultas grandes productoras	80 a 130
Cerdos en finalización de 100 kg PV	8 a 12
Ovinos a 3 meses de gestación	4.5
Ovinos a 5 meses de gestación	6.6
Cabras productoras de carne	4.2
Cabras productoras de leche	11.2
Pollos de 1.30 kg PV	1.57
Gallinas de 2.20 kg PV	5.5
Pavos de 10 semanas de edad	4 a 5
Perros	6

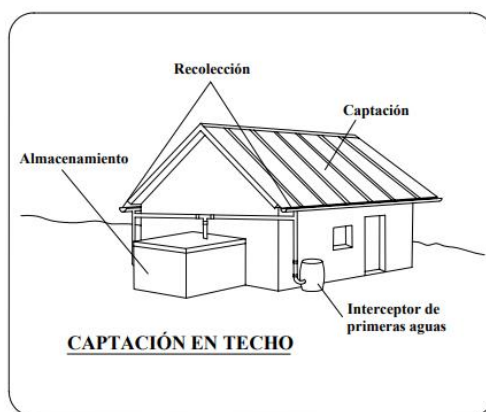
PV = Peso Vivo

Fuente: CIDECALI, 2008.

4.8. Área de captación

El sistema de drenaje se refiere a un conjunto de canales o tuberías de diferentes materiales unidos a los bordes inferiores del techo donde el agua se acumula y fluye desde el área de captación hacia el sistema de almacenamiento. Los materiales utilizados deben ser livianos, fuertes, fáciles de instalar y libres de contaminación orgánica o inorgánica.

Ilustración 1- Sistema de captación de agua lluvia en techos



Fuente: Guía de diseño para captación de agua lluvia.

4.9. Sistema de conducción

El sistema de drenaje se refiere a un conjunto de canales o tuberías de diferentes materiales conectados al borde inferior del techo, donde el agua se acumula y fluye desde el área de captación hacia el sistema de almacenamiento. Los materiales utilizados deben ser ligeros, resistentes, fáciles de instalar y libres de contaminantes orgánicos o inorgánicos.

Ilustración 2- Sistema de conducción de agua lluvia en techos

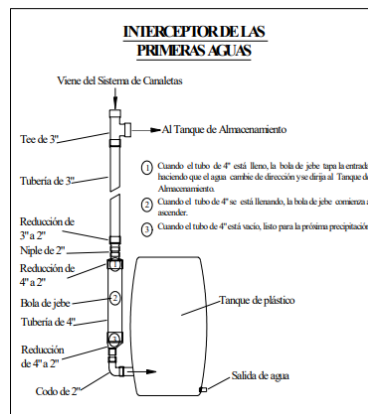


Fuente: Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=4bv4xPEXJsQ>

4.10. Dispositivo de remoción de contaminantes y filtración.

Es un dispositivo que filtra y retira los contaminantes que puede arrastrar el agua por medio del sistema de conducción y estos pueden ser sedimentos, metales, grasas y basura con el fin de que el agua llegue sin residuos tóxicos al sistema de almacenamiento.

Ilustración 3- Dispositivo de remoción de contaminantes y filtración



Fuente: Guía de diseño para captación de agua lluvia

4.11. Tanques de almacenamiento.

Son estructuras de diversos materiales como hormigón, fibra de vidrio, polietileno y acero inoxidable diseñadas para almacenar el volumen de agua lluvia necesaria para el consumo diario, que deben ser resistentes, impermeables para evitar las pérdidas de agua por goteo o transpiración y estar cubiertos para evitar el ingreso de polvos, animales, luz solar y contaminantes. Pueden estar ubicados al aire libre o enterrados en la tierra y es recomendable que no tengan más de 2m de altura para evitar sobrepresiones y tener una escotilla con tapa lo suficientemente grande para que quepa una persona para su limpieza, mantenimientos y reparaciones necesarias (Ruiz Garzón et al., 2018).

Imagen 1- Tanques de almacenamiento



Fuente: Disponible en: https://www.freepik.es/fotos-premium/deposito-agua-rejilla-metalica-contenedores-agua-diferentes-formas-representacion-3d_4223984.htm.

5. Marco teórico

5.1. Análisis hidrológico

- **Información Hidro climática**

Los datos de precipitación máxima en 24 horas serán los datos suministrados por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), los cuales serán tomados de las estaciones pluviométricas más cercanas a la zona de estudio.

- **Periodo De Retorno**

El tiempo de recuperación del fenómeno hidrológico corresponde al tiempo medio en años de este fenómeno igual o mayor. Es una función del riesgo o probabilidad de exceder la variable hidrológica estimada durante el período de análisis de n años.

Para la precipitación, el período de retorno se define como el número promedio de años entre los cuales ocurre una determinada cantidad de precipitación. Se puede aplicar una definición similar al caudal máximo o al caudal aguas arriba. En el diseño de drenajes, es muy común definir el aumento de la precipitación durante el mismo período que el tiempo de retorno.

Tabla 2: Períodos de retorno recomendados.

Sistema	T_R (años)
CUENCAS URBANAS	
Colectores principales	50
Áreas comerciales y de negocios	10
Industrial	2
Zonas residenciales de alta densidad > 5 viviendas/Ha	2-10
Espacios abiertos, parques	1
Carreteras principales (cunetas y canales)	10
Carreteras principales cruces (box calveros)	50
Carreteras secundarias (cunetas y canales)	2-5
Carreteras secundarias cruces (box culverts)	10
CUENCAS RURALES	
Cunetas	5
Alcantarillas	10
Box culverts y pontones	10
Puentes	50

Fuente: Manual de diseño de drenajes superficiales y subsuperficiales en vías. German Eduardo Gavilán León

- **Factor De Reducción De Área**

En la medida en que las áreas de drenaje consideradas se hacen más grandes, la intensidad media de la lluvia sobre éstas se reduce debido a la variabilidad espacial del fenómeno de precipitación. En consecuencia, resulta conveniente considerar factores de reducción de la intensidad media de la precipitación en la medida en que el área de drenaje se incrementa de la siguiente manera.

Tabla 3: Factor de reducción de área.

Área de drenaje (Has)	Factor de reducción
<50	1.00
50-100	0.99
100-200	0.95
200-400	0.93
400-800	0.90
800-1,600	0.88

Fuente: Reglamento Del Sector Agua Potable Y Saneamiento Básico (RAS). Título D.

- **Coeficiente De Escorrentía**

El coeficiente de escorrentía adimensional (C) está definido como la relación entre la máxima razón a la cual el caudal fluye hacia fuera de la cuenca para una tormenta dada y la razón de volumen promedio a la cual cae la lluvia sobre la cuenca durante la duración de la lluvia. El coeficiente de escorrentía es función del período de retorno y de muchos otros factores que incluyen:

- Forma de la superficie de la cuenca representada por la pendiente de la cuenca.
- Características del terreno como vegetación, tipo de suelo y áreas impermeables.
- Almacenamiento y otras características de detención.

La Tabla siguiente presenta valores típicos de los coeficientes de escorrentía para varias condiciones, si existen posibles futuros desarrollos en la zona de estudio los coeficientes de escorrentía deberán tener en cuenta estos desarrollos.

Tabla 4: Coeficientes de escorrentía.

Características de la superficie	Período de retorno (años)						
	2	5	10	25	50	100	150
Áreas desarrolladas							
Asfáltico	0.73	0.77	0.81	0.86	0.90	0.95	1.00
Concreto/techo	0.75	0.80	0.83	0.88	0.92	0.97	1.00
Zonas verdes (jardines, parques, etc.)							
Condición pobre (cubierta de pasto menor del 50% del área)							
Plano, 0-2%	0.32	0.34	0.37	0.40	0.44	0.47	0.58
Promedio, 2-7%	0.37	0.40	0.43	0.46	0.49	0.53	0.61
Pendiente superior a 7%	0.40	0.43	0.45	0.49	0.52	0.55	0.62
Condición promedio (cubierta de pasto del 50% al 75% del área)							
Plano, 0-2%	0.25	0.28	0.30	0.34	0.37	0.41	0.53
Promedio, 2-7%	0.33	0.36	0.38	0.42	0.45	0.49	0.58
Pendiente superior a 7%	0.37	0.40	0.42	0.46	0.49	0.53	0.60
Condición buena (cubierta de pasto mayor del 75% del área)							
Plano, 0-2%	0.21	0.23	0.25	0.29	0.32	0.36	0.49
Promedio, 2-7%	0.29	0.32	0.35	0.39	0.42	0.46	0.56
Pendiente superior a 7%	0.34	0.37	0.40	0.44	0.47	0.51	0.58
Áreas no desarrolladas							
Área de cultivos							
Plano, 0-2%	0.31	0.34	0.36	0.40	0.43	0.47	0.57
Promedio, 2-7%	0.35	0.38	0.41	0.44	0.48	0.51	0.60
Pendiente superior a 7%	0.39	0.42	0.44	0.48	0.51	0.54	0.61
Pastizales							
Plano, 0-2%	0.25	0.28	0.30	0.34	0.37	0.41	0.53
Promedio, 2-7%	0.33	0.36	0.38	0.42	0.45	0.49	0.58
Pendiente superior a 7%	0.37	0.40	0.42	0.46	0.49	0.53	0.60
Bosques							
Plano, 0-2%	0.22	0.25	0.28	0.31	0.35	0.39	0.48
Promedio, 2-7%	0.31	0.34	0.36	0.40	0.43	0.47	0.56
Pendiente superior a 7%	0.35	0.39	0.41	0.45	0.48	0.52	0.58

Fuente: Hidrología Aplicada. Ven Te Chow.

- **Tiempo De Concentración**

Se define como el tiempo que tarda en llegar a la sección de salida la gota de lluvia caída en el extremo hidráulicamente más alejado de la superficie de drenaje.

Por tratarse de áreas muy pequeñas y recorridos cortos, se toma como tiempo de concentración una duración mayor a la duración mínima de acuerdo con el RAS 2016 título D que es de 10 minutos.

- **Intensidad De Diseño**

La intensidad calculada se determina trazando las curvas IDF (intensidad-duración-frecuencia) de los datos multifocales de la estación seleccionada. Utilizando el método simple presentado en la Guía de Drenaje Vial del INVIAS, se determinaron los coeficientes a, b, c y d para el área de estudio. Los parámetros necesarios para la construcción de la ecuación se presentan a continuación en la Tabla 5

Tabla 5: Parámetros de ajuste de la regresión.

Región	a	b	c	d
Andina (R1)	0.94	0.18	0.66	0.83
Caribe (R2)	24.85	0.22	0.5	0.1
Pacífico (R3)	13.92	0.19	0.58	0.2
Orinoquía (R4)	5.53	0.17	0.63	0.42

Fuente: INVIAS.

A continuación, se presenta ecuación para construir las curvas IDF.

$$i = \frac{a \times T_r^b \times M^d}{(t/60)^c}$$

i: Intensidad de precipitación, en milímetros por hora (mm/hora)

T: Periodo de retorno, en años.

M: Precipitación máxima promedio anual en 24 horas a nivel multianual.

a, b, c, d: Parámetros de ajuste de la regresión.

5.2. Metodología expuesta por el Ing. Rafael Pérez Carmona

La red de aguas lluvias se diseña para evacuar todo el caudal de la precipitación instantánea, debido a que las áreas de recolección son relativamente pequeñas y no se puede considerar reducción por tiempo de concentración, infiltración, evaporación a través del terreno ya que se trata de superficies impermeables. (Pérez Carmona, 2010)

Un sistema de recolección de aguas lluvias está conformado por canales de recolección, bajantes y tubería de distribución.

La metodología nos indica que para el diseño de los canales de recolección, se utilizan las ecuaciones de Manning para diseño de canales abiertos.

Para el diseño de las bajantes el Ing. Pérez Carmona, estandarizo uno valores que permiten conocer la proyección horizontal en m² de agua que una bajante soporta según la intensidad de la lluvia, como se presenta a continuación:

Tabla 6: Proyección horizontal en m² de área servida.

Φ	Intensidad de la lluvia en mm/h									
	S = 1.0%					S = 2.0%				
Pulg.	50	75	100	125	150	50	75	100	125	150
3	150	100	75	60	50	215	140	105	85	70
4	315	230	170	135	115	400	325	245	195	160
5	620	410	310	245	205	875	580	435	350	290
6	990	660	495	395	330	1400	935	700	560	465
8	2100	1425	1065	855	705	3025	2015	1510	1210	1005
C	0.0139	0.0208	0.0278	0.0347	0.0417	0.0139	0.0208	0.0278	0.0347	0.417

Fuente: (Pérez Carmona, 2010)

Y por último el trazado de la línea de conducción de estas aguas, este trazado vario dependiendo las necesidades particulares para el diseño.

La metodología de Pérez Carmona resume las actividades de la siguiente manera:

- Determinación características hidrológicas (Determinación de intensidad de la lluvia)
- Cálculo del área de la cubierta.
- Cálculo de caudal de captación.
- Diseño canales de recolección.
- Diseño bajantes de aguas lluvias.
- Determinación de uso que se le dará a el agua captada.
- Trazado de la red de conducción hacia un sitio de almacenamiento.

6. Antecedentes

Tabla 7. Antecedentes del proyecto

Título del documento	Resumen	Autor(es)	Tipo de documento	Año cita
Sistemas de aprovechamiento de agua lluvia para vivienda urbana.	En este estudio se evaluó la factibilidad de sistemas de agua lluvia aplicados a lugares con deficiencia en el abastecimiento de agua potable, o de costos elevados y se llegó a la conclusión que adoptar estos sistemas en los municipios de Colombia son muy viables siempre y cuando sean sistemas de bajo costos de operación y mantenimiento.	José Alejandro Ballén Suárez Miguel Ángel Galarza García Rafael Orlando Ortiz Mosquera	Artículo de Revista	2006
Diseño de sistema para el aprovechamiento de agua lluvia y ahorro de agua potable en el colegio la nueva esperanza del municipio de la calera – Cundinamarca.	En este proyecto se realizó en el colegio de Nueva Esperanza en el municipio de la calera el cual capto la precipitación de la zona mediante cubiertas y tuvo como finalidad una disminución del consumo de agua potable y el beneficio-costos de implementar estos sistemas para los colegios de la región.	Zully Mindreth Ruiz Garzón Dayron Andrés Pena Vega Mónica Alexandra Cardoso Polania	Trabajo de grado	2018
Captación de agua lluvia como alternativa comunitaria ante la escasez y la contaminación para el consumo humano y actividades agropecuarias en las veredas el salado y la aguada del municipio de Lebrija Santander, Colombia.	El objetivo principal de este estudio fue buscar evaluar los factores socioeconómicos que determinan el impacto de la captación de agua de lluvia como alternativa a la escasez y contaminación del agua para el consumo humano y las actividades agrícolas.	Nelsy Gualdron Becerra	Tesis académica	2014

Título del documento	Resumen	Autor(es)	Tipo de documento	Año cita
La captación del agua de lluvia como solución en el pasado y el presente.	El principal enfoque de este artículo fue realizar una revisión bibliográfica sobre las tecnologías de agua lluvia que se han implementado durante las distintas épocas como lo son antes del siglo XX y después del siglo XX.	Ronnie Torres Hugues	Artículo de Revista	2019
Formulación del programa de ahorro y uso eficiente del agua – pueaa- en la granja avícola “el pedregal”, agro avícola san marino en la vereda buenos aires de la ciudad de Ibagué Tolima 2016.	Este trabajo de grado tiene como finalidad la formulación del uso eficiente y ahorro de agua para la granja “el pedregal” ubicada en el departamento del Tolima y como resultado los autores crearon una matriz DOFA la cual categoriza los aspectos de los resultados de la implementación del programa de uso eficiente y ahorro de agua dentro de todas las actividades diarias de la finca.	John Faber Morales Ayala	Trabajo de grado	2016
Aprovechamiento de agua lluvia en el desarrollo de obra civil.	En este proyecto se planteó la implementación de sistemas de captación de agua lluvia para obras civiles que minimice el consumo de agua potable para actividades que no necesiten de una calidad de agua alta como lo son limpieza de herramienta menor, lavado de vehículos de carga, suministro a los baños de la obra entre muchas otras todo esto con el fin determinar el volumen de agua que se puede ahorrar implementando sistema de captación de agua lluvia.	María Fernanda Camelo Capador	Tesis para optar por el título de Magister	2017

Título del documento	Resumen	Autor(es)	Tipo de documento	Año cita
Desarrollo de un modelo aplicado a la recolección de agua de lluvia para granjas de pollos de engorde	Este trabajo se basa en una investigación realizada sobre el RWH que puede reducir el “estrés hídrico” de la producción avícola industrial en la región, a partir de una descripción detallada de un modelo matemático del ciclo reproductivo de las aves que el sistema RWH puede alimentar a través de la lluvia. cada año. El resultado es un llamado a implementar estas nuevas técnicas de evaluación del agua y la oportunidad de utilizar el agua de lluvia como recurso para la producción avícola sostenible en Santander.	Isnardo Arenas-Navarro Efrén David Montes Sofía Margarita Serrano-Pinilla Diego Andrés Rueda Ordoñez	Artículo de Revista	2020
Modelo de selección de luminarias solares de acuerdo con su ubicación geográfica y aplicación de este en plantas piloto en los departamentos de Antioquia, Cauca, Cundinamarca y Risaralda	El proyecto propone un relevamiento en el que se analizan diferentes factores que implican la selección de luminarias solares en diferentes zonas geográficas del país. Para ello se realizaron estudios climatológicos en las diferentes áreas establecidas por la empresa Energub y se verificaron los componentes de los sistemas internos de las lámparas solares comercializadas en Colombia. Estos incluyen parámetros de mantenimiento para paneles solares, suministro de energía y generación de energía, incluidas las	Hurtado Aguilar, Martin Eduardo		2022

Título del documento	Resumen	Autor(es)	Tipo de documento	Año cita
	clasificaciones de IP y el impacto de los componentes seleccionados incorrectamente en la fabricación según el historial operativo de la luminaria de campo.			
Evaluación de la orientación y el ángulo de inclinación óptimo de la superficie plana para maximizar la captación de irradiación solar en Cuenca Ecuador	Esta investigación tiene como propósito evaluar el ángulo de inclinación óptimo para maximizar la captación de irradiación solar en la ciudad de cuenca donde se implementó el uso de softwares como ArcMap, IBM SPSS, MATLAB y Microsoft Excel	Doris Adriana Álvarez Lozano	Trabajo de grado	2017
Diseño de un sistema de generación eléctrica a partir de energías renovables para una finca recreativa en Chocontá, Cundinamarca.		Barrantes Garavito Carlos Daniel Guzmán Díaz Gustavo Adolfo	Trabajo de grado	2021

Fuente: Autores

7. Metodología

Con el objeto de lograr cada uno de los objetivos propuestos en este trabajo, se establece una metodología de fases enmarcadas en la metodología expuesta por el Ing. Rafael Pérez Carmona en el libro "Instalaciones Hidrosanitarias y de Gas para Instalaciones 6ta edición".

7.1. Fase 1: identificación granjas avícolas en el Municipio de Lebrija.

Para lograr este objetivo se usaran herramientas SIG (sistemas de información geográfica) como lo son Google Earth y ArcGIS para la identificación de las granjas avícolas en el municipio de Lebrija y determinar las áreas de cubiertas de estas para así escoger una granja a la cual realizarle el diseño del sistema de recolección de aguas lluvias y que este pueda replicarse en las demás granjas del municipio de Lebrija y en el departamento de Santander.

7.2. Fase 2: recolección de la información pluviométrica existente de la zona.

Para lograr este objetivo se recopilará toda la información pluviometría existente de la zona de estudio, para esto se deben descargar de la base de datos del IDEAM los datos de precipitación mensual multianual de las estaciones pluviométricas presentes en el municipio, actualmente en el municipio están en funcionamiento 4 estaciones pluviométricas, estas son:

- AEROPUERTO PALONEGRO [23195502]
- LAGUNA LA [23190260]
- NARANJO EL [23190440]
- PALMAS [23190380]

7.3. Fase 3: estimar y comparar el caudal captado contra el caudal demandado.

Para conseguir este objetivo se debe determinar un aproximado de la capacidad de producción mensual de las granjas avícolas, así como el caudal necesario para abastecer dicha producción, para así determinado el caudal captado por las cubiertas de la granja avícola seleccionada, comparar si el caudal promedio mensual captado es suficiente para abastecer el caudal demandado o en qué porcentaje el caudal captado es capaz de satisfacer la demanda.

7.4. Fase 4: diseño sistema de recolección de aguas lluvias.

Para este objetivo se plantea el diseño de un sistema de recolección de aguas lluvias usando la metodología expuesta por el Ing. Rafael Pérez Carmona en el libro "Instalaciones Hidrosanitarias y de Gas para Instalaciones 6ta edición", para lograr el

diseño se debe inicialmente planificar el sistema de recolección de aguas lluvias que en general se compone por las siguientes partes:

- Área de captación.
- Sistema de recolección
- Estructura de almacenamiento
- Sistema de distribución

7.5. Fase 5: análisis costo/beneficio de la implementación del sistema de recolección de aguas lluvias.

Para realizar el análisis costo/beneficio es necesario estimar los costos incurridos en la implementación del sistema de recolección de aguas lluvias, y los costos actuales mensuales del servicio de acueducto, para así comparar y obtener el valor aproximado de ahorro que implica el uso del sistema de recolección de aguas lluvias, además de obtener un tiempo estimado de retorno de la inversión.

8. Resultados y Análisis

8.1. Identificación granjas avícolas en el Municipio de Lebrija.

Para lograr este objetivo se realizó una búsqueda en herramientas como Google Maps, y páginas amarillas, para conocer cuáles son las granjas avícolas que pertenecen a Lebrija Santander, el sistema de coordenadas que maneja Google Maps y Google Earth Pro es el geográfico (Latitud; Longitud), y Colombia maneja su propio sistema de coordenadas planas MAGNA-SIRGAS, por lo que es necesario convertir las coordenadas geográficas en coordenadas planas, para esto se usó un software llamado Global Mapper (*Ver Anexo A*), las granjas avícolas identificadas son:

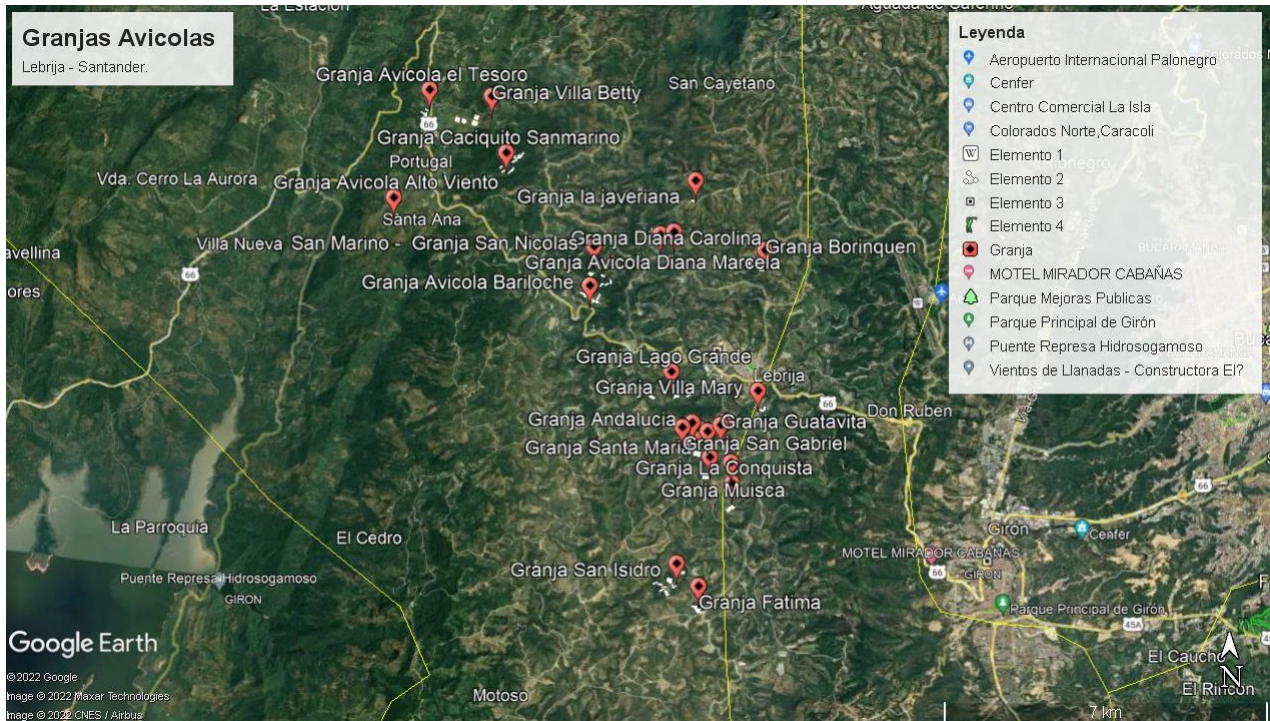
Tabla 8: Granjas avícolas en Lebrija – Santander

ítem	Granja	Dirección	Latitud	Longitud	X	Y
1	Granja Avícola Diana Marcela	Lebrija - Santander	7° 8'7.73"N	73°14'7.13"O	1092887.15	1281268.47
2	Granja Fátima	Lebrija - Santander	7° 4'1.27"N	73°13'40.27"O	1093872.74	1273323.4
3	Granja Avícola San Felipe	Lebrija - Santander	7° 5'56.38"N	73°13'22.21"O	1094420.67	1276861.1
4	San Marino - Granja San Nicolas	Lebrija - Santander	7° 7'59.38"N	73°14'54.08"O	1091594.29	1280634.73
5	Granja Diana Carolina	Lebrija - Santander	7° 8'9.67"N	73°13'57.50"O	1093329.94	1280954.13
6	Granja Caciquito Sanmarino	Lebrija - Santander	7° 9'5.17"N	73°15'56.16"O	1089685.6	1282652.54
7	Granja Santa Isabel	Lebrija - Santander	7° 5'51.80"N	73°13'40.43"O	1093861.72	1276719.23
8	Granja La Conquista	Lebrija - Santander	7° 5'13.52"N	73°13'16.66"O	1094593.29	1275544.48
9	Granja Borinquen	Lebrija - Santander	7° 7'56.78"N	73°12'53.15"O	1095305.6	1280561.55
10	Granja Santa María	Lebrija - Santander	7° 5'49.65"N	73°13'33.84"O	1094064.04	1276653.67
11	Granja Lago Grande	Lebrija - Santander	7° 6'31.57"N	73°13'59.36"O	1093278.43	1277940.01
12	Granja Santa Sofia	Lebrija - Santander	7° 5'31.62"N	73°13'32.18"O	1094115.95	1276099.69
14	Granja Villa Mary	Lebrija - Santander	7° 6'18.20"N	73°12'58.20"O	1095156.17	1277532.65
15	Granja Andalucía	Lebrija - Santander	7° 5'55.80"N	73°13'44.63"O	1093732.42	1276841.91
16	Granja San Gabriel	Lebrija - Santander	7° 5'52.54"N	73°13'51.64"O	1093517.45	1276741.3
17	Granja Muisca	Lebrija - Santander	7° 5'27.90"N	73°13'17.40"O	1094569.76	1275986.23
18	Granja La Javeriana	Lebrija - Santander	7° 8'45.62"N	73°13'42.18"O	1093797.97	1282059.32
19	Granja Avícola Alto Viento	Lebrija - Santander	7° 8'33.70"N	73°17'15.80"O	1087243.41	1281681.67
20	Granja Villa Betty	Lebrija - Santander	7° 9'44.84"N	73°16'6.38"O	1089369.92	1283870.98
21	Granja Avícola el Tesoro	Lebrija - Santander	7° 9'49.40"N	73°16'50.43"O	1088018.04	1284008.58
22	Granja San Isidro	Lebrija - Santander	7° 4'17.14"N	73°13'55.73"O	1093397.35	1273810.11
23	Granja Bariloche	Lebrija - Santander	7° 7'31.94"N	73°14'57.08"O	1091503.72	1279791.62
24	Granja Guatavita	Lebrija - Santander	7° 5'54.15"N	73°13'24.49"O	1094350.68	1276792.39

Fuente: Autores.

Mediante la herramienta SIG Google Earth Pro, se realizó un plano de ubicación general de las 24 granjas avícolas anteriormente mencionadas.

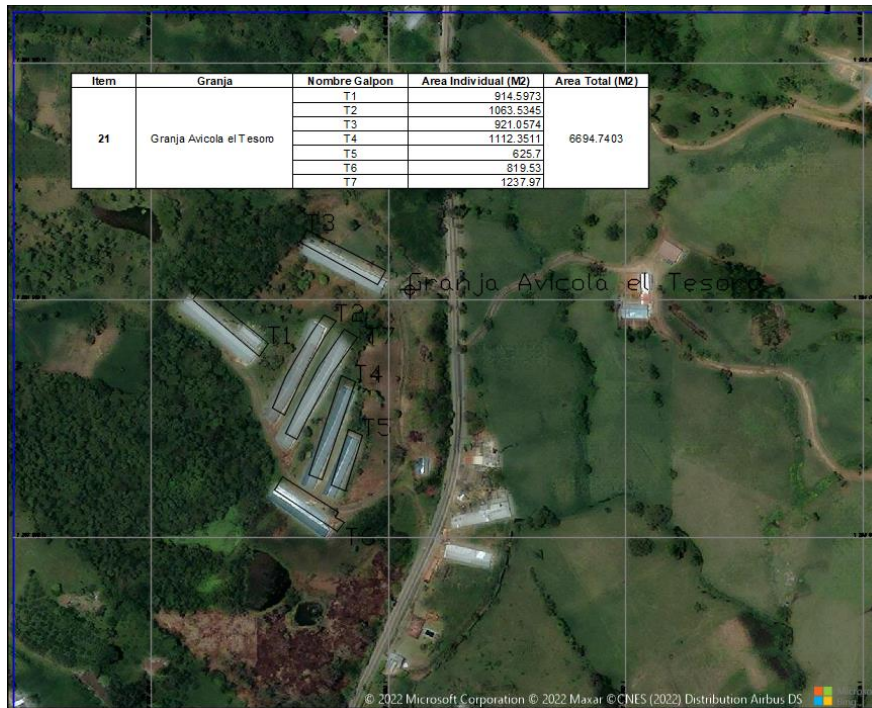
Ilustración 4. Plano de ubicación general de las granjas avícolas de Lebrija Santander.



Fuente: Autores, Google Earth Pro.

Una vez identificadas las granjas avícolas en el municipio de Lebrija, se procede hacer la identificación de las cubiertas de los galpones de cada una de las 24 granjas, se hizo el trazado de cada galpón usando las imágenes satelitales georreferenciadas de AutoCAD Civil3D, para así obtener las áreas de cada cubierta y el área total para determinar el potencial de recolección de aguas lluvias de las cubiertas:

Ilustración 5 – Galpones granja avícola el Tesoro



Fuente: Autores.

Ilustración 6 – Galpones granja avícola Villa Betty



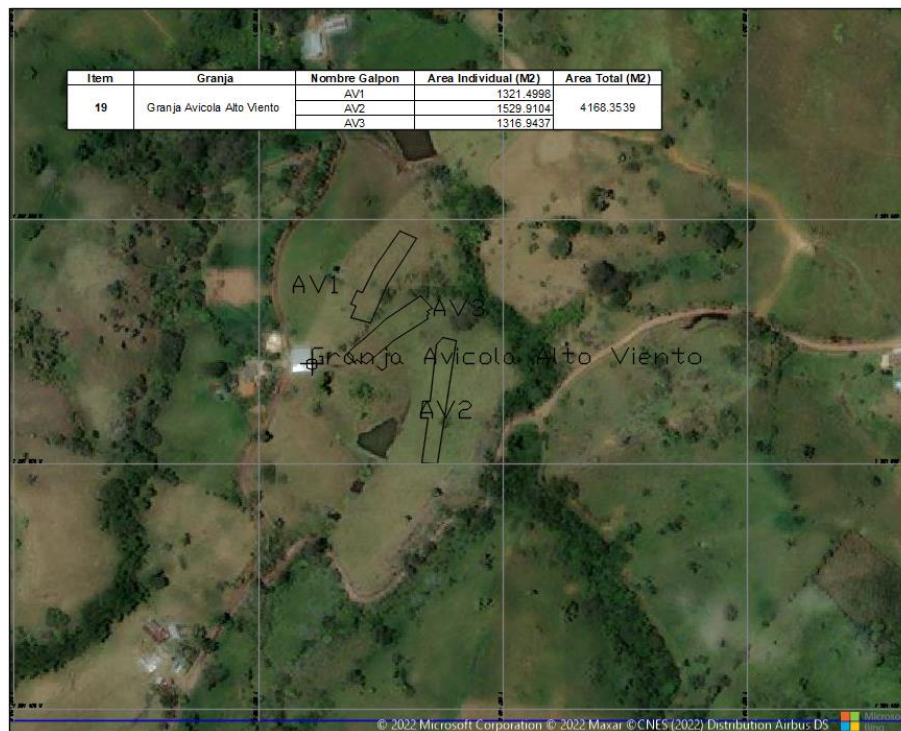
Fuente: Autores.

Ilustración 7 – Galpones granja avícola Caciquito Sanmarino



Fuente: Autores.

Ilustración 8 – Galpones granja avícola Alto Viento



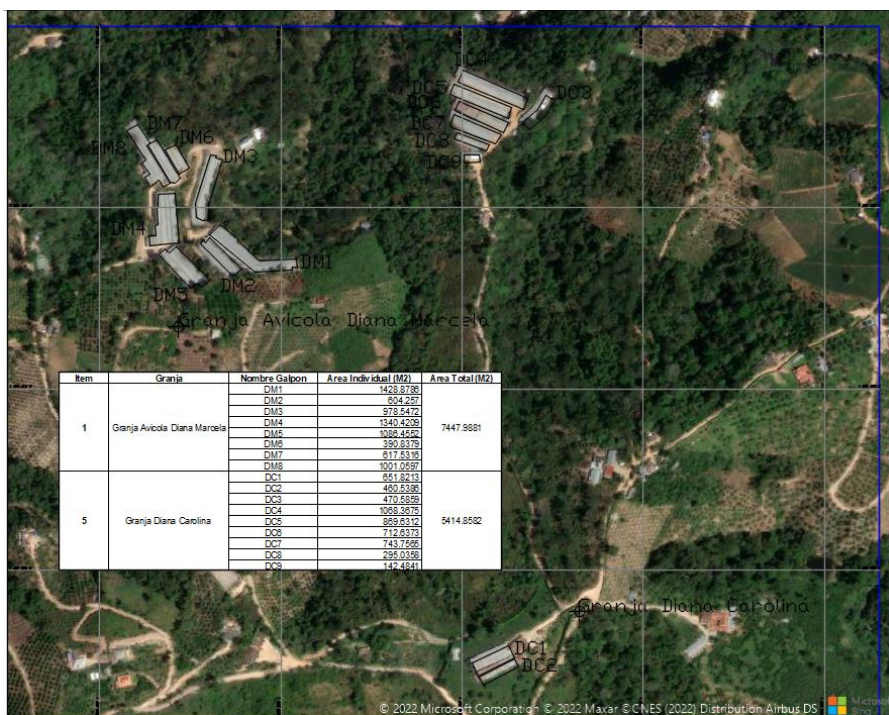
Fuente: Autores.

Ilustración 9 – Galpones granja avícola La Javeriana



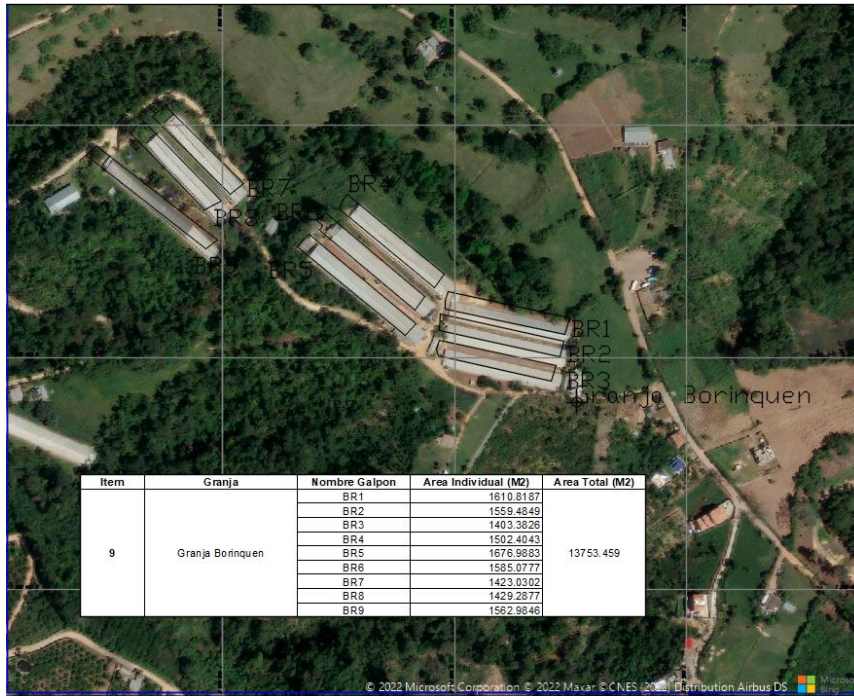
Fuente: Autores.

Ilustración 10 – Galpones granjas avícolas Diana Marcela y Diana Carolina



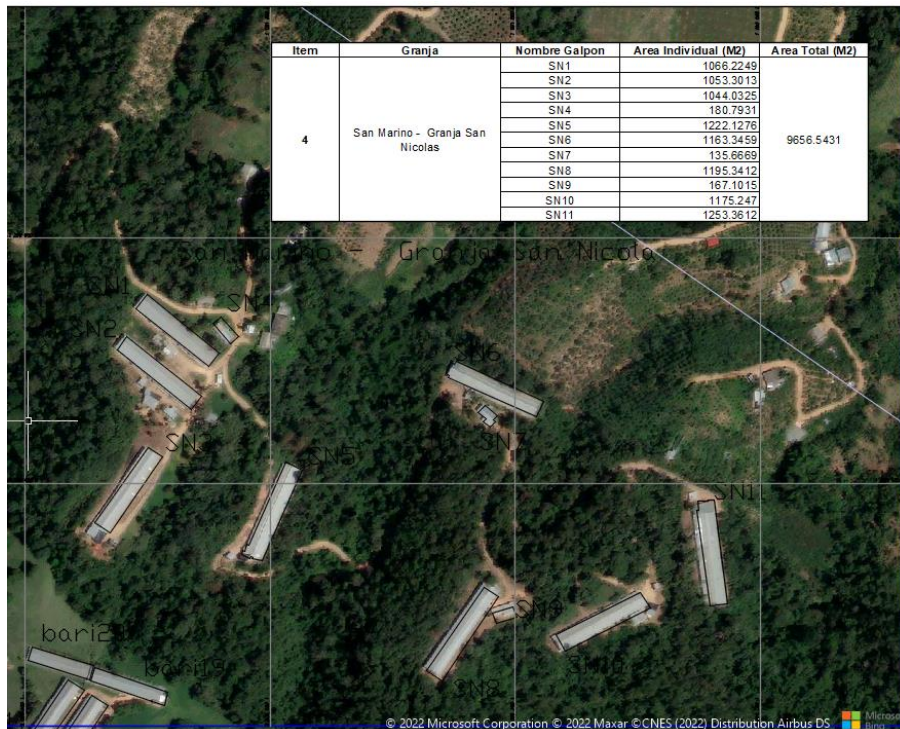
Fuente: Autores.

Ilustración 11 – Galpones granja avícola Borinquen



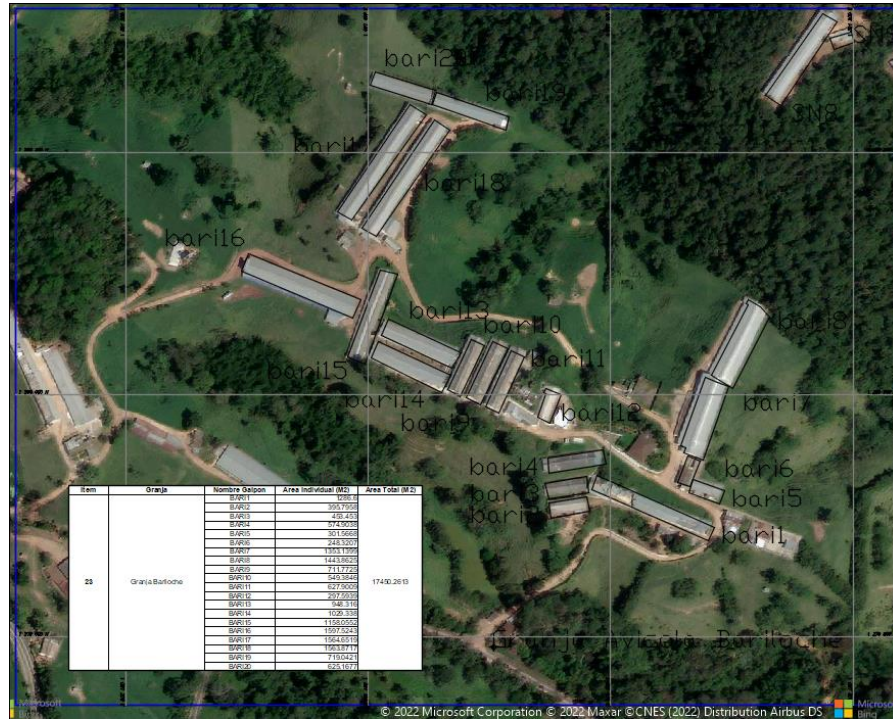
Fuente: Autores.

Ilustración 12 – Galpones granja avícola San Marino – Granja San Nicolas



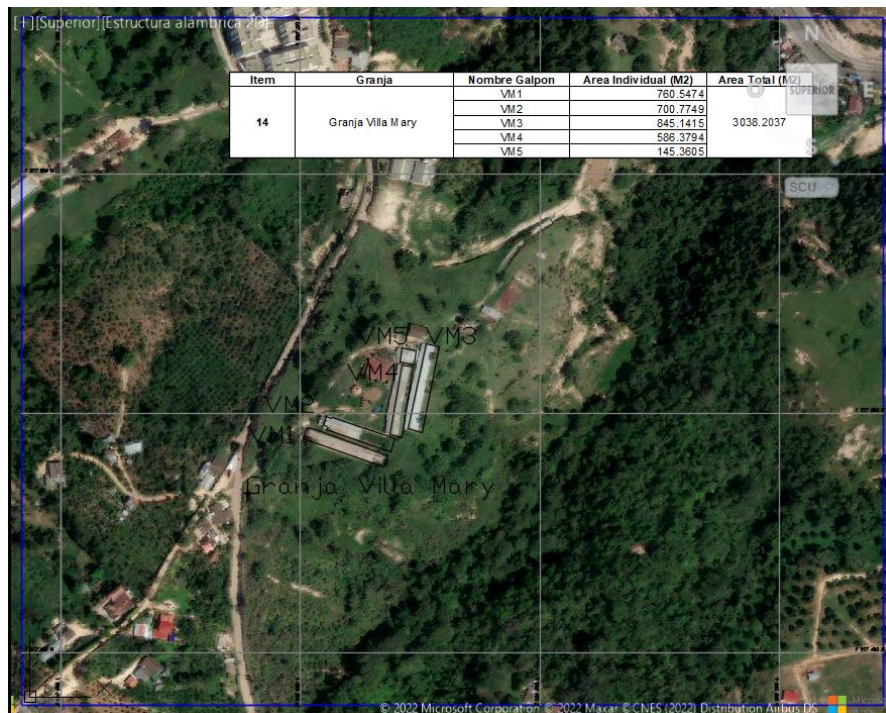
Fuente: Autores.

Ilustración 13 – Galpones granja avícola Bariloche



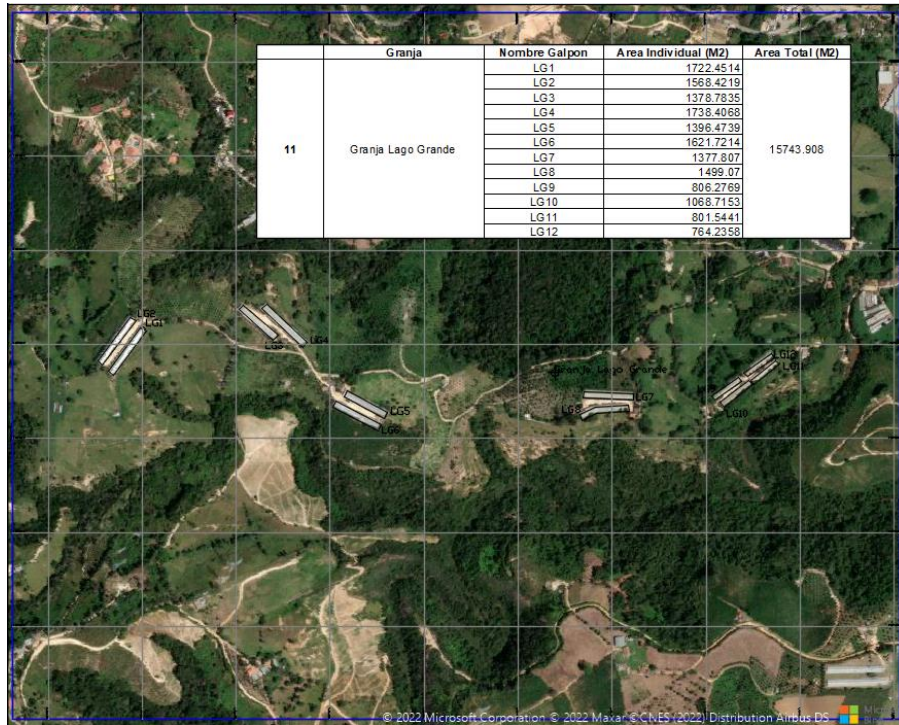
Fuente: Autores.

Ilustración 14 – Galpones granja avícola Villa Mary



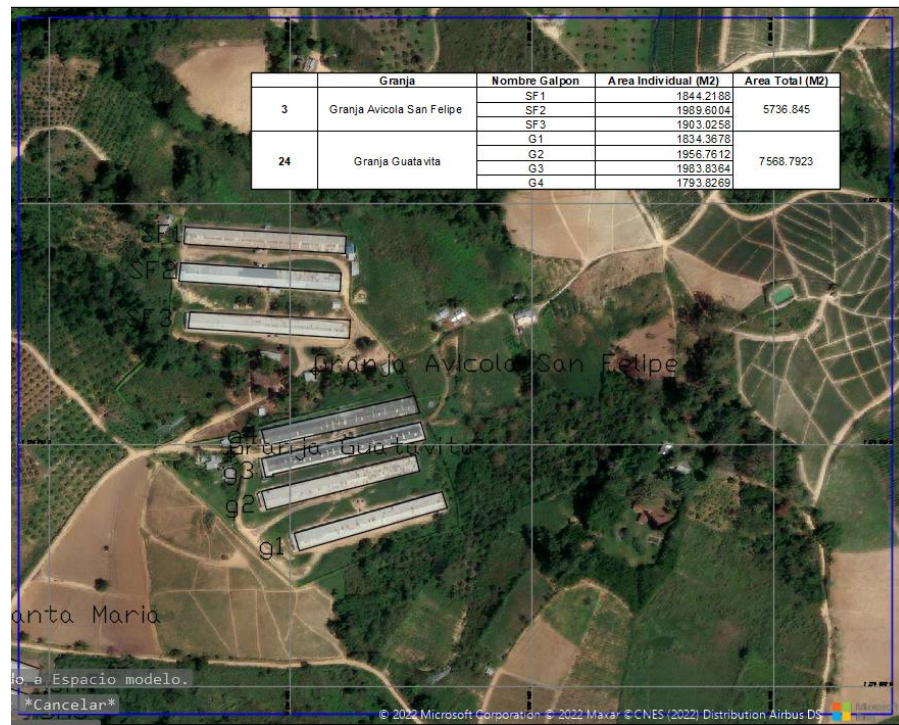
Fuente: Autores.

Ilustración 15 – Galpones granja avícola Lago Grande



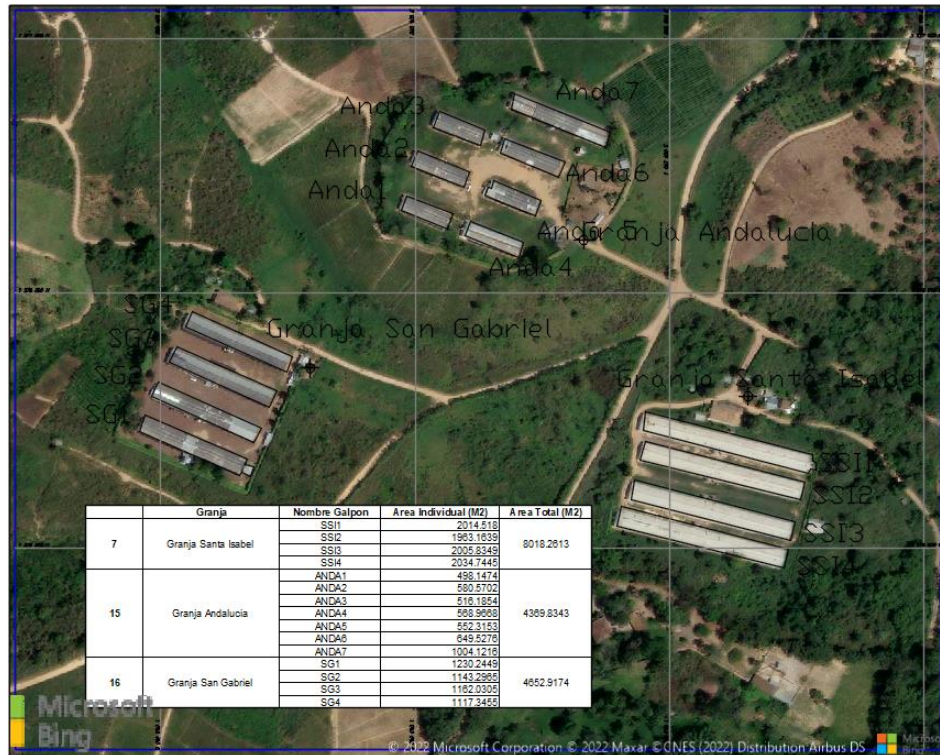
Fuente: Autores.

Ilustración 16 – Galpones granja avícola San Felipe y Guatavita



Fuente: Autores.

Ilustración 17 – Galpones granja avícola Andalucía, Santa Isabel y San Gabriel



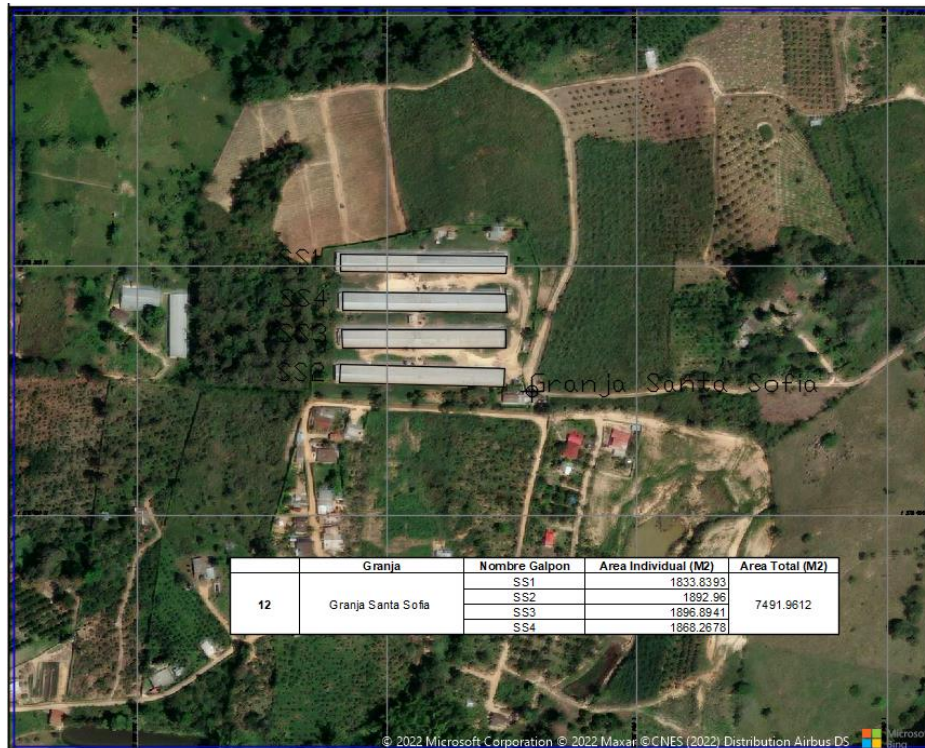
Fuente: Autores.

Ilustración 18 – Galpones granja avícola Santa María



Fuente: Autores.

Ilustración 19 – Galpones granja avícola Santa Sofia



Fuente: Autores.

Ilustración 20 – Galpones granja avícola Muisca



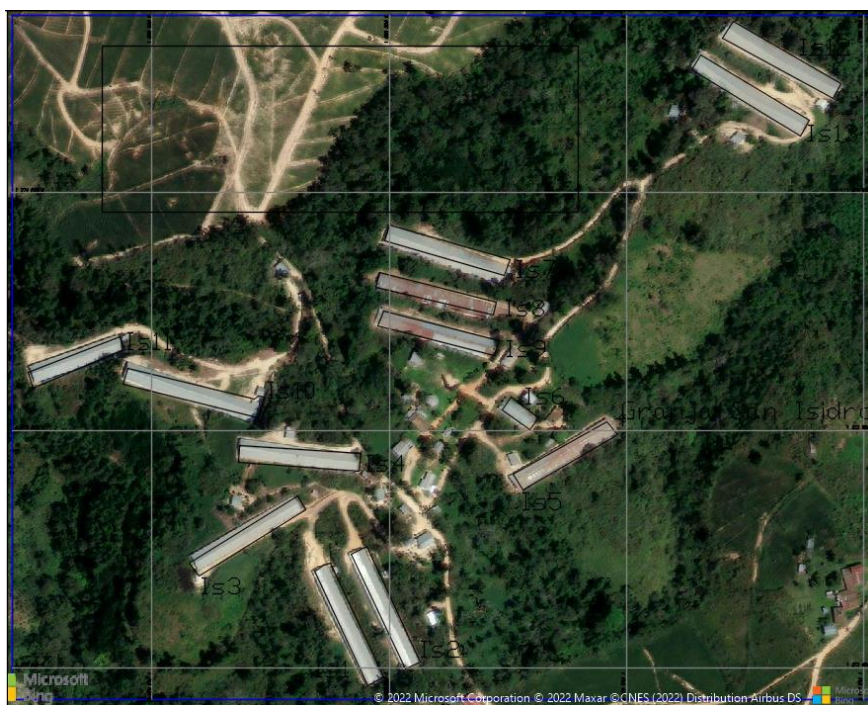
Fuente: Autores.

Ilustración 21 – Galpones granja avícola la Conquista



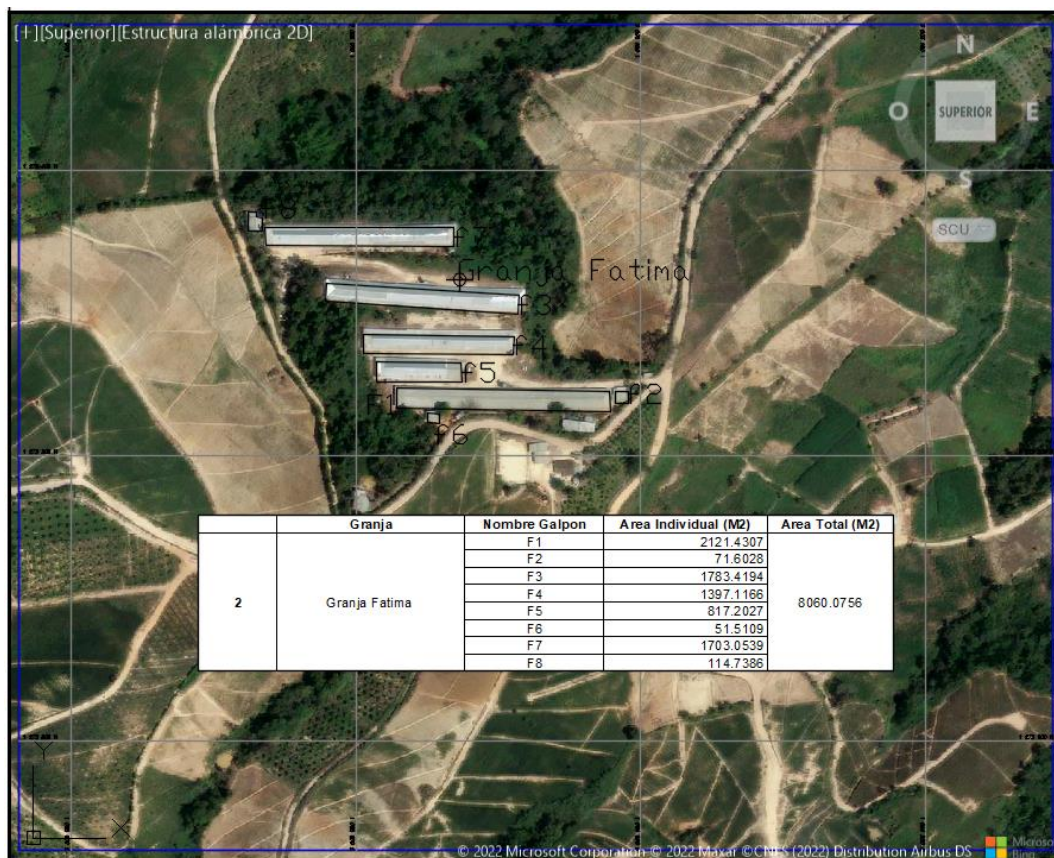
Fuente: Autores.

Ilustración 22 – Galpones granja avícola San Isidro



Fuente: Autores.

Ilustración 23 – Galpones granja avícola Fátima



Fuente: Autores.

Tabla 9: Área de las cubiertas de las Granjas avícolas en Lebrija – Santander

ítem	Granja	Nombre Galpón	Área Individual (M2)	Área Total (M2)
1	Granja Avícola Diana Marcela	DM1	1428.8786	7447.9881
		DM2	604.257	
		DM3	978.5472	
		DM4	1340.4209	
		DM5	1086.4552	
		DM6	390.8379	
		DM7	617.5316	
		DM8	1001.0597	
2	Granja Fátima	F1	2121.4307	8060.0756
		F2	71.6028	
		F3	1783.4194	
		F4	1397.1166	
		F5	817.2027	
		F6	51.5109	
		F7	1703.0539	

ítem	Granja	Nombre Galpón	Área Individual (M2)	Área Total (M2)
		F8	114.7386	
3	Granja Avícola San Felipe	SF1	1844.2188	5736.845
		SF2	1989.6004	
		SF3	1903.0258	
4	San Marino - Granja San Nicolas	SN1	1066.2249	9656.5431
		SN2	1053.3013	
		SN3	1044.0325	
		SN4	180.7931	
		SN5	1222.1276	
		SN6	1163.3459	
		SN7	135.6669	
		SN8	1195.3412	
		SN9	167.1015	
		SN10	1175.247	
		SN11	1253.3612	
5	Granja Diana Carolina	DC1	651.8213	5414.8582
		DC2	460.5386	
		DC3	470.5859	
		DC4	1068.3675	
		DC5	869.6312	
		DC6	712.6373	
		DC7	743.7565	
		DC8	295.0358	
		DC9	142.4841	
6	Granja Caciquito Sanmarino	CA1	1207.1474	13115.1673
		CA2	1089.4105	
		CA3	1384.0372	
		CA4	1380.7644	
		CA5	1403.9407	
		CA6	1169.5495	
		CA7	1699.035	
		CA8	714.7003	
		CA9	201.5179	
		CA10	241.6911	
		CA11	432.4259	
		CA12	423.3431	
		CA13	1767.6043	
7	Granja Santa Isabel	SSI1	2014.518	8018.2613
		SSI2	1963.1639	
		SSI3	2005.8349	
		SSI4	2034.7445	
8	Granja La Conquista	C1	1163.05	6022.67
		C2	1071.38	
		C3	771.96	
		C4	858.78	
		C5	1118.33	
		C6	1039.17	
9	Granja Borinquen	BR1	1610.8187	13753.459
		BR2	1559.4849	
		BR3	1403.3826	

ítem	Granja	Nombre Galpón	Área Individual (M2)	Área Total (M2)
		BR4	1502.4043	
		BR5	1676.9883	
		BR6	1585.0777	
		BR7	1423.0302	
		BR8	1429.2877	
		BR9	1562.9846	
		SM1	1898.2965	
10	Granja Santa María	SM2	1966.4501	7746.4594
		SM3	1935.8381	
		SM4	1945.8747	
		LG1	1722.4514	
		LG2	1568.4219	
		LG3	1378.7835	
		LG4	1738.4068	
		LG5	1396.4739	
11	Granja Lago Grande	LG6	1621.7214	15743.908
		LG7	1377.807	
		LG8	1499.07	
		LG9	806.2769	
		LG10	1068.7153	
		LG11	801.5441	
		LG12	764.2358	
		SS1	1833.8393	
12	Granja Santa Sofia	SS2	1892.96	7491.9612
		SS3	1896.8941	
		SS4	1868.2678	
		VM1	760.5474	
		VM2	700.7749	
14	Granja Villa Mary	VM3	845.1415	3038.2037
		VM4	586.3794	
		VM5	145.3605	
		ANDA1	498.1474	
		ANDA2	580.5702	
		ANDA3	516.1854	
15	Granja Andalucía	ANDA4	568.9668	4369.8343
		ANDA5	552.3153	
		ANDA6	649.5276	
		ANDA7	1004.1216	
		SG1	1230.2449	
16	Granja San Gabriel	SG2	1143.2965	4652.9174
		SG3	1162.0305	
		SG4	1117.3455	
		M1	1382.4473	
17	Granja Muisca	M2	1516.3102	4440.3132
		M3	1541.5557	
		J1	316.9941	
		J2	296.9081	
18	Granja La Javeriana	J3	354.8772	1285.3004
		J4	316.521	
19	Granja Avícola Alto Viento	AV1	1321.4998	4168.3539

ítem	Granja	Nombre Galpón	Área Individual (M2)	Área Total (M2)
20	Granja Villa Betty	AV2	1529.9104	18160.4511
		AV3	1316.9437	
		VB1	1040.1432	
		VB2	1014.8063	
		VB3	1019.6357	
		VB4	1010.1638	
		VB5	1006.9746	
		VB6	1049.2318	
		VB7	1057.4777	
		VB8	1068.6563	
		VB9	1487.3027	
		VB10	1437.74	
		VB11	1391.5851	
		VB12	1144.0608	
		VB13	1031.6799	
		21	Granja Avícola el Tesoro	
T2	1063.5345			
T3	921.0574			
T4	1112.3511			
T5	625.7			
T6	819.53			
T7	1237.97			
22	Granja San Isidro	IS1	1600.613	17854.6074
		IS2	1534.6025	
		IS3	1496.3113	
		IS4	1465.1016	
		IS5	1341.5776	
		IS6	377.692	
		IS7	1496.8871	
		IS8	1209.043	
		IS9	1351.1625	
		IS10	1687.317	
		IS11	1039.6556	
		IS12	1640.4814	
		IS13	1614.1628	
23	Granja Bariloche	BARI1	1286.6	17450.2613
		BARI2	395.7958	
		BARI3	453.453	
		BARI4	574.9038	
		BARI5	301.5668	
		BARI6	248.3207	
		BARI7	1353.1399	
		BARI8	1443.8625	
		BARI9	711.7725	
		BARI10	549.3846	
		BARI11	627.9009	
		BARI12	297.5939	

ítem	Granja	Nombre Galpón	Área Individual (M2)	Área Total (M2)
		BARI13	948.316	
		BARI14	1029.338	
		BARI15	1158.0552	
		BARI16	1597.5243	
		BARI17	1564.6519	
		BARI18	1563.8717	
		BARI19	719.0421	
		BARI20	625.1677	
		G1	1834.3678	
24	Granja Guatavita	G2	1956.7612	7568.7923
		G3	1983.8364	
		G4	1793.8269	

Fuente: Autores.

8.2. Análisis hidrológico

8.2.1. Información hidro climática

Los datos de precipitación máxima en 24 horas fueron suministrados por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), estos se descargaron de su base de datos (*Ver anexo B*), las estaciones pluviométricas consultadas son:

- AEROPUERTO PALONEGRO [23195502]
- LAGUNA LA [23190260]
- NARANJO EL [23190440]
- PALMAS [23190380]

La información específica de las estaciones es presentada en la Tabla 10 y su ubicación con respecto al municipio de Lebrija es presentado en la Ilustración 24.

Tabla 10: Información IDEAM.

CODIGO	CAT	NOMBRE	MUNICIPIO	ELEV	LONGITUD	LATITUD
23195502	SP	AEROPUERTO PALONEGRO	LEBRIJA	1189	73°11'4.30"O	7°7'17.30"N
23190260	AM	LAGUNA LA	LEBRIJA	1100	73°12'49.00"O	7°4'47.00"N
23190440	AM	NARANJO EL	LEBRIJA	780	73°17'59.00"O	7°12'18.00"N
23190380	AM	PALMAS	LEBRIJA	690	73°13'4.40"O	7°12'39.90"N

Fuente: IDEAM.

Ilustración 24- Ubicación de las estaciones pluviométricas analizadas.



Fuente: Autores, Google Earth Pro.

8.2.2. Periodo de retorno

El período de retorno de un evento hidrológico corresponde al tiempo promedio (en años) para alcanzar o superar la extensión del evento. Es una función del riesgo o probabilidad de exceder la variable hidrológica estimada en un período de análisis de n años.

Basándose en la Tabla 2, se define el área como “Áreas comerciales y de negocios”, por lo tanto, se opta por un período de retorno de **10 años**.

8.2.3. Factor de reducción de área

A medida que las áreas de las cuencas consideradas se hacen más grandes, su intensidad de lluvia promedio disminuye debido a la variabilidad espacial de los fenómenos de precipitación. Por tanto, es conveniente tener en cuenta la reducción de la intensidad media de las precipitaciones a medida que aumenta la zona de captación.

El análisis se hará para cada granja, por lo tanto, el área de drenaje de cada granja no supera las 50 Has, por lo tanto, según la Tabla 3 el factor de reducción de área es **1.00**.

8.2.4. Coeficiente de escorrentía

El coeficiente de escorrentía adimensional (C) está definido como la relación entre la máxima razón a la cual el caudal fluye hacia fuera de la cuenca para una tormenta dada y la razón de volumen promedio a la cual cae la lluvia sobre la cuenca durante la duración de la lluvia.

La Tabla 4 presenta valores típicos de los coeficientes de escorrentía para varias condiciones, en este caso, las áreas desarrolladas a analizar son galpones, los cuales se pueden clasificar como un área desarrollada tipo Concreto/Techo, y para un periodo de retorno de 10 años, el coeficiente de escorrentía a usar es de **0.83**.

8.2.5. Tiempo de concentración

Se define como el tiempo que tarda en llegar a la sección de salida la gota de lluvia caída en el extremo hidráulicamente más alejado de la superficie de drenaje.

Por tratarse de áreas muy pequeñas y recorridos cortos, se toma como tiempo de concentración una duración mayor a la duración mínima de acuerdo con el RAS 2016 título D que es de 10 minutos, el tiempo de concentración para este trabajo será de 10 minutos.

8.2.6. Intensidad de diseño

La intensidad de diseño se determina construyendo las curvas IDF (intensidad-duración-frecuencia) con los datos pluviométricos de las estaciones seleccionadas. A partir del método simplificado presentado en el manual de drenaje para carreteras del INVIAS, se determinaron los coeficientes a, b, c y d para la región Andina. Los parámetros necesarios para la construcción de la ecuación se presentan a continuación en la Tabla 5

Para este caso en particular, se eligieron:

- La estación AEROPUERTO PALONEGRO [23195502], cuya precipitación máxima promedio anual en 24 horas a nivel multianual es 79.13 mm/hora.
- La estación LAGUNA LA [23190260], cuya precipitación máxima promedio anual en 24 horas a nivel multianual es 72.67 mm/hora.
- La estación NARANJO EL [23190440], cuya precipitación máxima promedio anual en 24 horas a nivel multianual es 107.57 mm/hora.
- La estación PALMAS [23190380], cuya precipitación máxima promedio anual en 24 horas a nivel multianual es 85.56 mm/hora.

A continuación, se presenta ecuación para construir las curvas IDF.

$$i = \frac{a \times T_r^b \times M^d}{(t/60)^c}$$

i: Intensidad de precipitación, en milímetros por hora (mm/hora)

T: Periodo de retorno, en años.

M: Precipitación máxima promedio anual en 24 horas a nivel multianual.

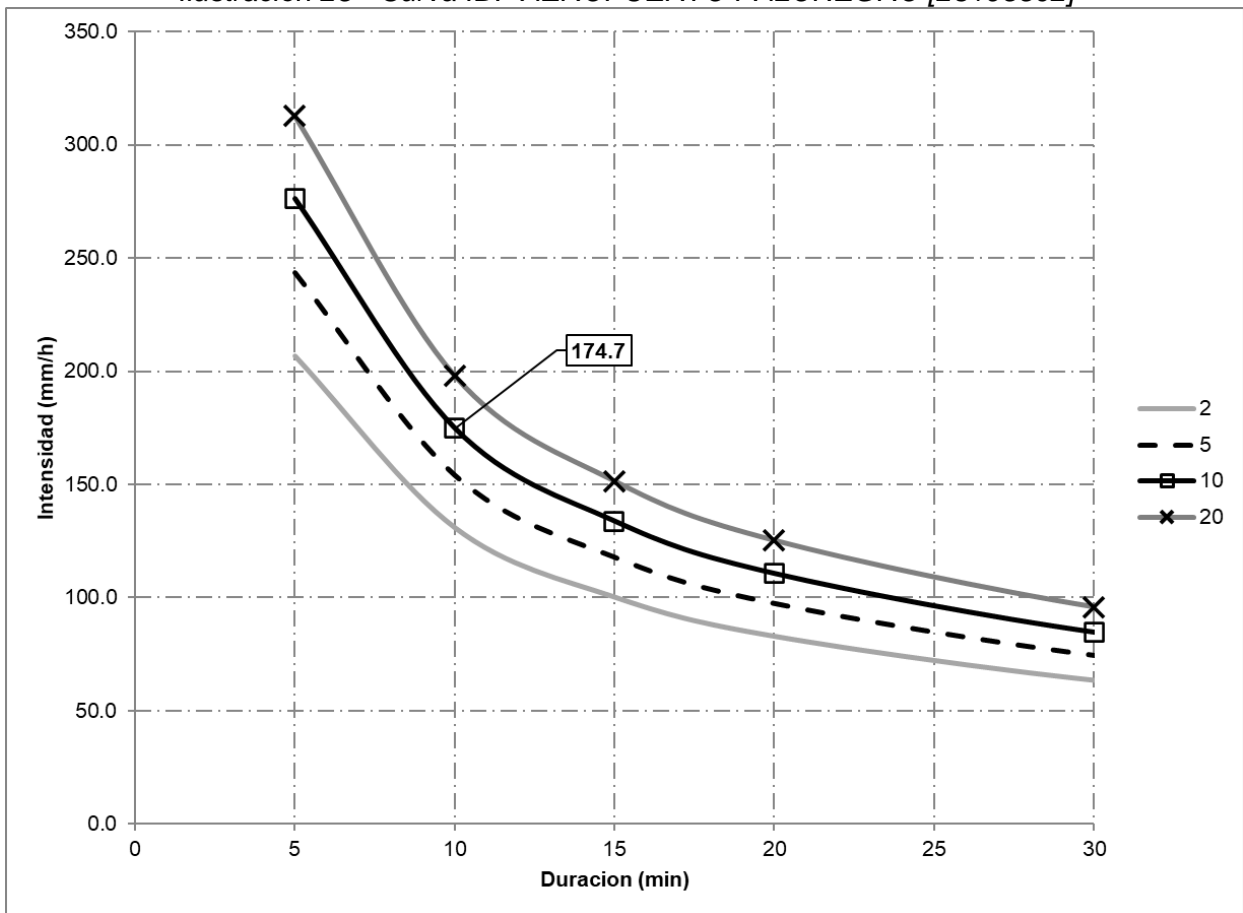
a, b, c, d: Parámetros de ajuste de la regresión.

8.2.7. Precipitación de diseño – estación AEROPUERTO PALONEGRO [23195502].

Para el cálculo de los caudales de diseño se empleó un tiempo de concentración de 10 minutos con un periodo de retorno de 10 años y la precipitación máxima promedio anual en 24 horas a nivel multianual (M) empleada fue 79.13 mm/h, correspondiente a la estación AEROPUERTO PALONEGRO [23195502].

La curva IDF es presentada en la Ilustración 25 y de acuerdo con esta, la intensidad de diseño para las obras de drenaje pluvial es 174.7 mm/h.

Ilustración 25 - Curva IDF AEROPUERTO PALONEGRO [23195502]

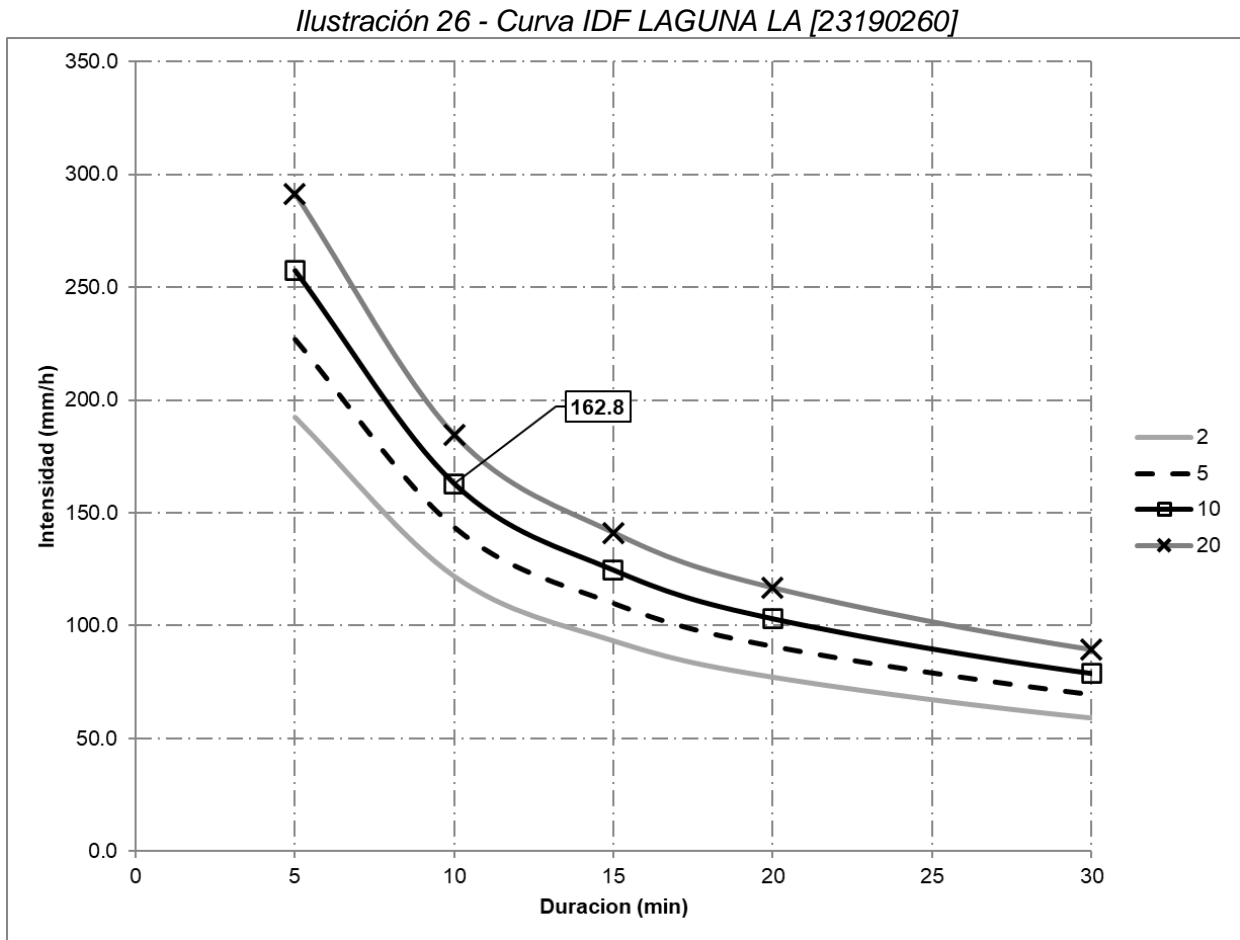


Fuente: Autores.

8.2.8. Precipitación de diseño – estación LAGUNA LA [23190260]

Para el cálculo de los caudales de diseño se empleó un tiempo de concentración de 10 minutos con un periodo de retorno de 10 años y la precipitación máxima promedio anual en 24 horas a nivel multianual (M) empleada fue 72.67 mm/h, correspondiente a la estación LAGUNA LA [23190260].

La curva IDF es presentada en la Ilustración 25 y de acuerdo con esta, la intensidad de diseño para las obras de drenaje pluvial es 162.8 mm/h.



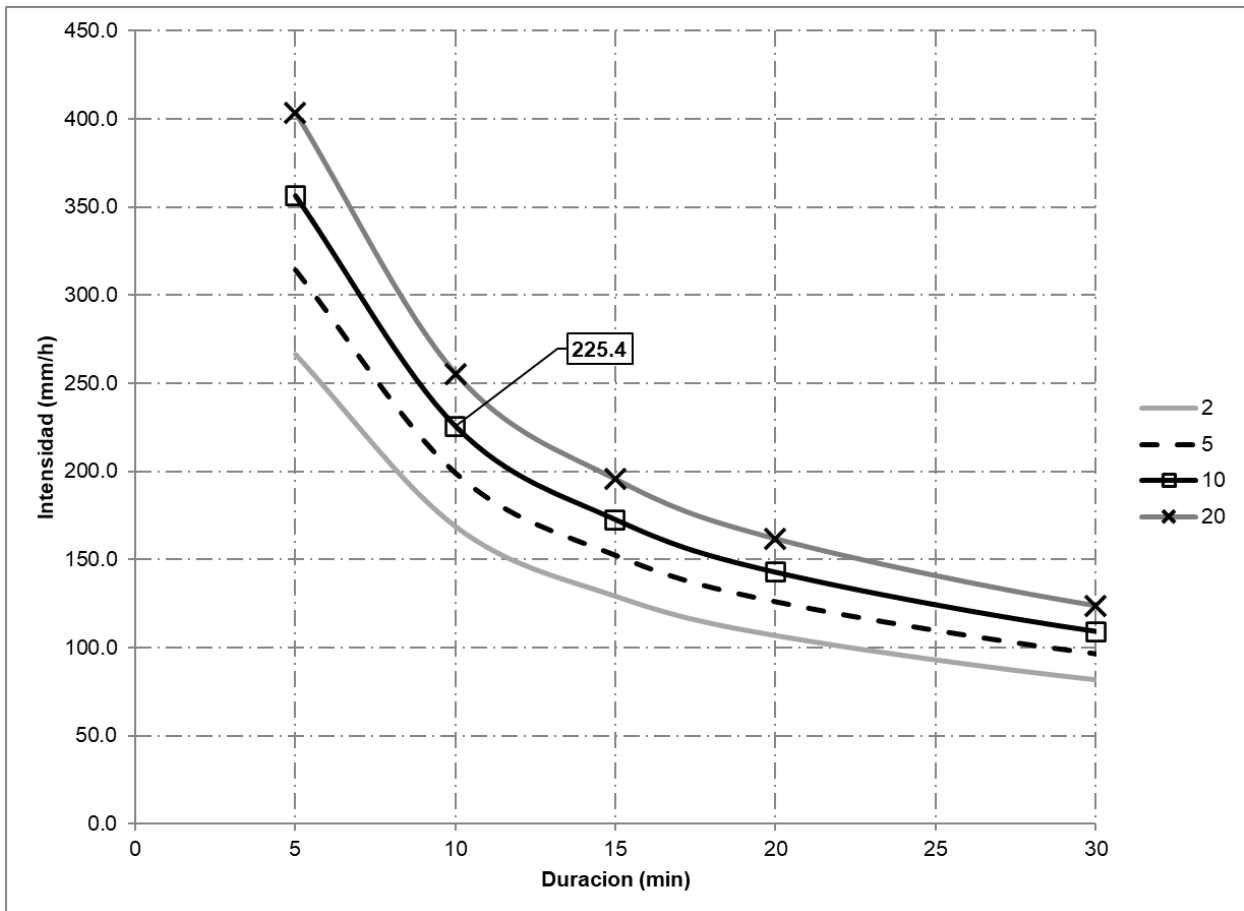
Fuente: Autores.

8.2.9. Precipitación de diseño – estación NARANJO EL [23190440]

Para el cálculo de los caudales de diseño se empleó un tiempo de concentración de 10 minutos con un periodo de retorno de 10 años y la precipitación máxima promedio anual en 24 horas a nivel multianual (M) empleada fue 107.57 mm/h, correspondiente a la estación NARANJO EL [23190440].

La curva IDF es presentada en la Ilustración 25 y de acuerdo con esta, la intensidad de diseño para las obras de drenaje pluvial es 225.4 mm/h.

Ilustración 27 - Curva IDF NARANJO EL [23190440]



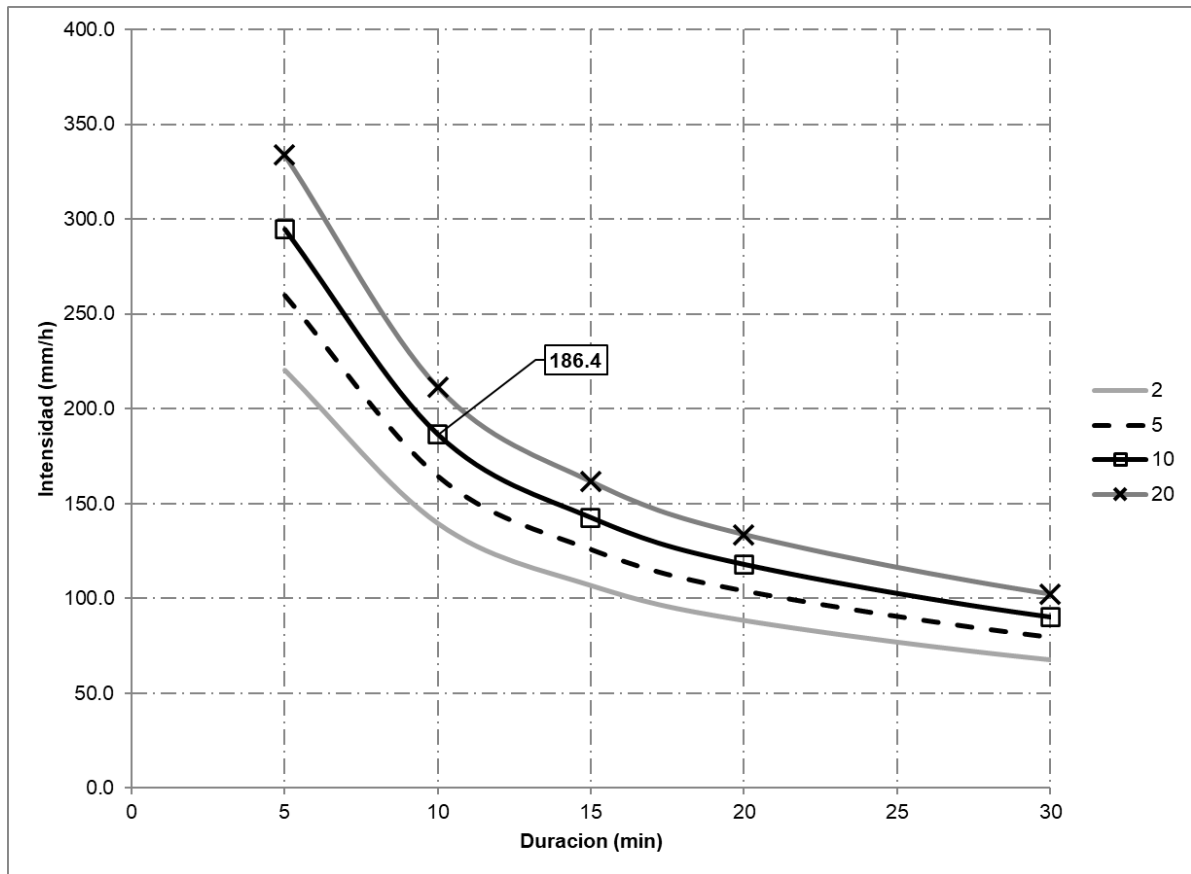
Fuente: Autores.

8.2.10. Precipitación de diseño – estación PALMAS [23190380]

Para el cálculo de los caudales de diseño se empleó un tiempo de concentración de 10 minutos con un periodo de retorno de 10 años y la precipitación máxima promedio anual en 24 horas a nivel multianual (M) empleada fue 85.56 mm/h, correspondiente a la estación PALMAS [23190380].

La curva IDF es presentada en la Ilustración 25 y de acuerdo con esta, la intensidad de diseño para las obras de drenaje pluvial es 186.4 mm/h.

Ilustración 28 - Curva IDF PALMAS [23190380]



Fuente: Autores.

8.3. Comparación del caudal captado contra el caudal demandado

Para realizar la comparación del caudal captado contra el caudal demandado para así determinar el déficit de agua en el sistema de recolección de aguas lluvias.

Para realizar esto es necesario hacer la estimación de la demanda inicialmente, se tiene entonces que, según la Tabla 1, un pollo de 1.30 kg PV (Peso Vivo) consumen en promedio un total de 1.57 Litros/Segundo, y que la densidad de los pollos de es de 10 pollos/m², obteniendo el siguiente resultado así;

Tabla 11: Demanda de agua por cada granja avícola.

Ítem	Granja	Descripción Galpón	Área Total (M2)	Numero de Pollos por M2	Total Pollos Galpón	Demanda de agua por pollo (m3/s)	Demanda total de agua potable (m3/s)	Demanda total de agua potable (m3/mes)
1	Granja Avícola Diana Marcela	DDM	7447.9881	10	74479	0.0000000197	0.001465449	3851.199457
2	Granja Fátima	F	8060.0756	10	80600	0.0000000197	0.001585886	4167.707357
3	Granja Avícola San Felipe	SF	5736.845	10	57368	0.0000000197	0.001128773	2966.414834
4	San Marino - Granja San Nicolas	SN	9656.5431	10	96565	0.0000000197	0.001900013	4993.234006
5	Granja Diana Carolina	DC	5414.8582	10	54148	0.0000000197	0.001065416	2799.913374
6	Granja Caciquito Sanmarino	CA	13115.1673	10	131151	0.0000000197	0.002580527	6781.625156
7	Granja Santa Isabel	SSI	8018.2613	10	80182	0.0000000197	0.001577661	4146.093192
8	Granja La Conquista	CA	6022.67	10	60226	0.0000000197	0.001185007	3114.197807
9	Granja Borinquen	BR	13753.459	10	137534	0.0000000197	0.002706119	7111.68069
10	Granja Santa María	SM	7746.4594	10	77464	0.0000000197	0.001524182	4005.549413
11	Granja Lago Grande	LG	15743.908	10	157439	0.0000000197	0.00309777	8140.93894
12	Granja Santa Sofia	SSI	7491.9612	10	74919	0.0000000197	0.001474106	3873.951209
14	Granja Villa Mary	VM	3038.2037	10	30382	0.0000000197	0.000597796	1571.008498
15	Granja Andalucía	ANDA	4369.8343	10	43698	0.0000000197	0.000859802	2259.559257
16	Granja San Gabriel	SG	4652.9174	10	46529	0.0000000197	0.000915505	2405.946099
17	Granja Muisca	M	4440.3132	10	44403	0.0000000197	0.000873673	2296.013769
18	Granja La Javeriana	J	1285.3004	10	12853	0.0000000197	0.000252896	664.6097104
19	Granja Avícola Alto Viento	AV	4168.3539	10	41683	0.0000000197	0.000820155	2155.366573
20	Granja Villa Betty	VB	18160.4511	10	181604	0.0000000197	0.00357324	9390.475519
21	Granja Avícola el Tesoro	T	6694.7403	10	66947	0.0000000197	0.001317249	3461.730824
22	Granja San Isidro	IS	17854.6074	10	178546	0.0000000197	0.003513071	9232.35084
23	Granja Bariloche	BARI	17450.2613	10	174502	0.0000000197	0.003433501	9023.241553
24	Granja Guatavita	GUAT	7568.7923	10	75687	0.0000000197	0.001489217	3913.663359

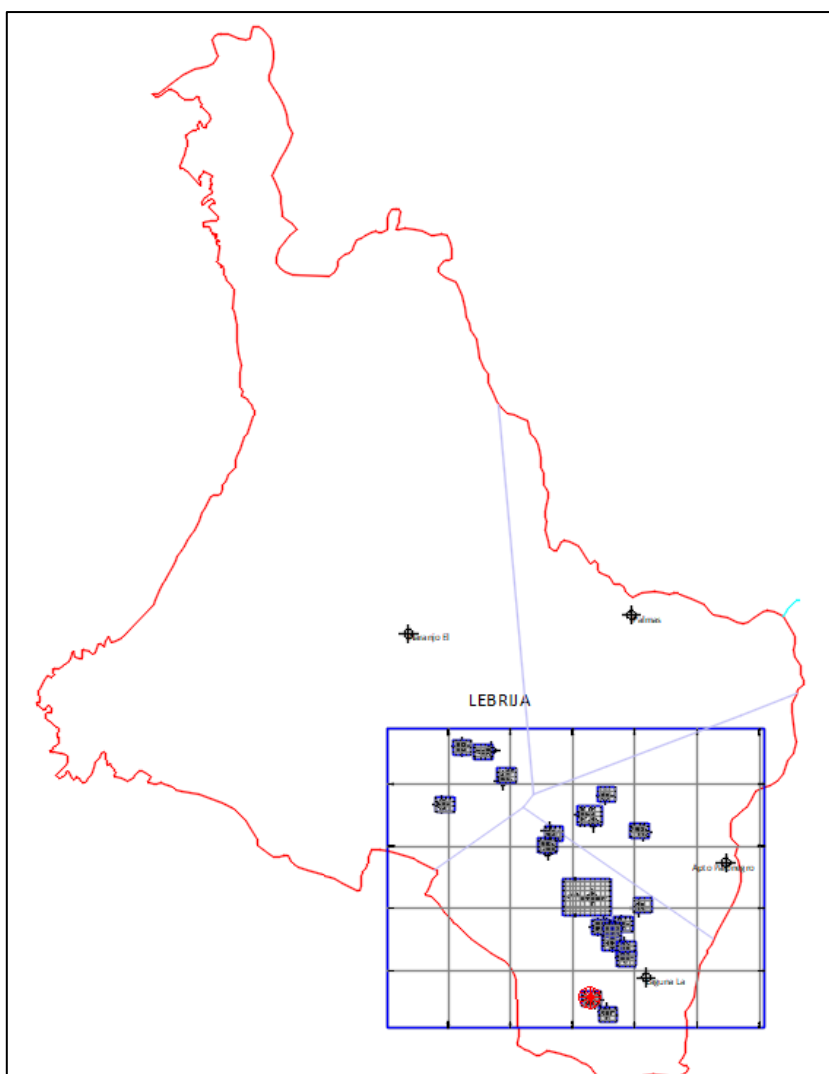
Fuente: Autores.

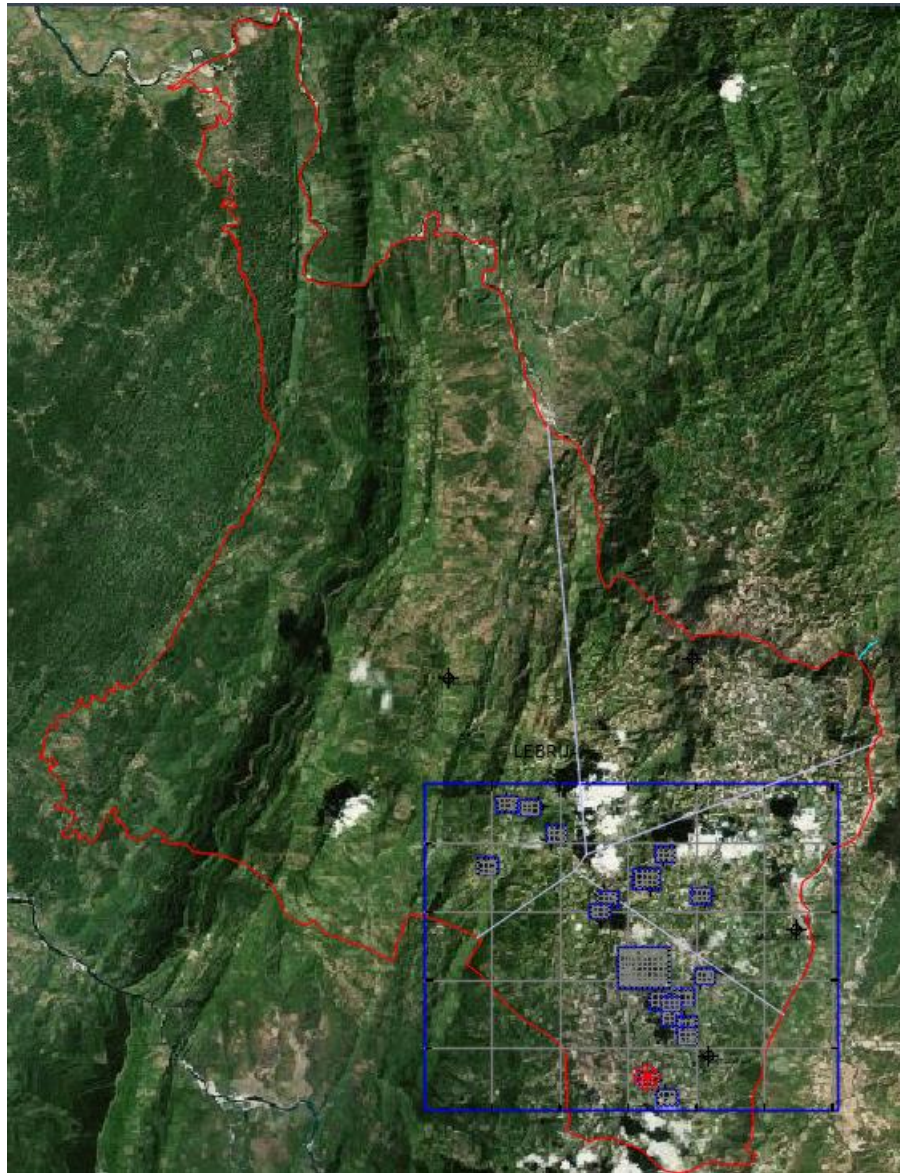
Para el caso de la estimación de la oferta hídrica, se tienen 4 estaciones pluviométricas del IDEAM, en vista de esto, es necesario realizar el análisis con los polígonos de Thiessen para determinar las zonas de influencia del municipio.

El procedimiento para crear polígonos de Thiessen se encuentra detallado en el **Anexo C**.

Realizando el procedimiento, se obtiene que las zonas de influencia de las diferentes estaciones pluviométricas, se obtuvieron los siguientes resultados

Ilustración 29 – Zonas de influencia de las diferentes estaciones pluviométrica





Fuente: Autores.

Con esto entonces tenemos que:

Tabla 12: Granjas afectadas según Polígonos de Thiessen

Nombre estación	Granjas afectadas según Polígonos de Thiessen
AEROPUERTO PALONEGRO [23195502]	Borinquen, Diana Carolina, La Javeriana, Diana Marcela
NARANJO EL [23190440]	Villa Betty, El Tesoro, Caciquito San Marino, Alto Viento
LAGUNA LA [23190260]	Fátima, San Felipe, San Nicolas, San Marino, Santa Isabel, la conquista, Borinquén, Santa María, Lago grande, Santa Sofia, villa mary, Andalucía, San Gabriel, Muisca, San isidro, Bariloche
PALMAS [23190380]	N/A

Fuente: Autores.

Tabla 13: Caudal captado mensualmente por las cubiertas de los galpones.

ítem	Granja	Descripción Galpón	Área Total (M2)	Área Total (Ha)	TR (años)	C	Td (min)	I (mm/h)	Caudal [m3/s]	Caudal [m3/mes]
1	Granja Avícola Diana Marcela	DDM	7447.9881	0.74479881	10	0.83	10	174.7	0.299990478	788374.98
2	Granja Fátima	F	8060.0756	0.80600756	10	0.83	10	162.8	0.30253046	795050.05
3	Granja Avícola San Felipe	SF	5736.845	0.5736845	10	0.83	10	162.8	0.21532929	565885.37
4	San Marino - Granja San Nicolas	SN	9656.5431	0.96565431	10	0.83	10	162.8	0.362452981	952526.43
5	Granja Diana Carolina	DC	5414.8582	0.54148582	10	0.83	10	174.7	0.218099959	573166.69
6	Granja Caciquito Sanmarino	CA	13115.1673	1.31151673	10	0.83	10	225.4	0.681558814	1791136.6
7	Granja Santa Isabel	SSI	8018.2613	0.80182613	10	0.83	10	162.8	0.300960983	790925.46
8	Granja La Conquista	CA	6022.67	0.602267	10	0.83	10	162.8	0.226057573	594079.3
9	Granja Borinquen	BR	13753.459	1.3753459	10	0.83	10	174.7	0.553962586	1455813.7
10	Granja Santa María	SM	7746.4594	0.77464594	10	0.83	10	162.8	0.29075905	764114.78
11	Granja Lago Grande	LG	15743.908	1.5743908	10	0.83	10	162.8	0.59093884	1552987.3
12	Granja Santa Sofia	SSI	7491.9612	0.74919612	10	0.83	10	162.8	0.281206601	739010.95
14	Granja Villa Mary	VM	3038.2037	0.30382037	10	0.83	10	162.8	0.114037288	299689.99
15	Granja Andalucía	ANDA	4369.8343	0.43698343	10	0.83	10	162.8	0.164019303	431042.73
16	Granja San Gabriel	SG	4652.9174	0.46529174	10	0.83	10	162.8	0.17464467	458966.19
17	Granja Muisca	M	4440.3132	0.44403132	10	0.83	10	162.8	0.166664689	437994.8
18	Granja La Javeriana	J	1285.3004	0.12853004	10	0.83	10	174.7	0.051769401	136049.99
19	Granja Avícola Alto Viento	AV	4168.3539	0.41683539	10	0.83	10	225.4	0.216617773	569271.51
20	Granja Villa Betty	VB	18160.4511	1.81604511	10	0.83	10	225.4	0.943748198	2480170.3

ítem	Granja	Descripción Galpón	Área Total (M2)	Área Total (Ha)	TR (años)	C	Td (min)	I (mm/h)	Caudal [m3/s]	Caudal [m3/mes]
21	Granja Avícola el Tesoro	T	6694.7403	0.66947403	10	0.83	10	225.4	0.347907057	914299.75
22	Granja San Isidro	IS	17854.6074	1.78546074	10	0.83	10	162.8	0.67016277	1761187.8
23	Granja Bariloche	BARI	17450.2613	1.74502613	10	0.83	10	162.8	0.654985863	1721302.8
24	Granja Guatavita	GUAT	7568.7923	0.75687923	10	0.83	10	162.8	0.284090414	746589.61

Fuente: Autores.

Una vez se calcula tanto la demanda inicial, así como la oferta hídrica según el área de cada galpón, esta información se corrobora mediante una tabla formulada, que permita analizar la diferencia entre el caudal captado y el caudal demandado.

Tabla 14: Comparación caudal demandado vs caudal captado.

ítem	Granja	Descripción Galpón	Demanda Galpón (m3/s)	Oferta Disponible (m3/s)	Déficit de la Demanda (m3/s)
1	Granja Avícola Diana Marcela	DDM	0.001465449	0.299990478	0.29852503
2	Granja Fátima	F	0.001585886	0.30253046	0.300944574
3	Granja Avícola San Felipe	SF	0.001128773	0.21532929	0.214200517
4	San Marino - Granja San Nicolas	SN	0.001900013	0.362452981	0.360552968
5	Granja Diana Carolina	DC	0.001065416	0.218099959	0.217034543
6	Granja Caciquito Sanmarino	CA	0.002580527	0.681558814	0.678978286
7	Granja Santa Isabel	SSI	0.001577661	0.300960983	0.299383322
8	Granja La Conquista	CA	0.001185007	0.226057573	0.224872566
9	Granja Borinquen	BR	0.002706119	0.553962586	0.551256467
10	Granja Santa María	SM	0.001524182	0.29075905	0.289234868
11	Granja Lago Grande	LG	0.00309777	0.59093884	0.58784107
12	Granja Santa Sofia	SSI	0.001474106	0.281206601	0.279732495
14	Granja Villa Mary	VM	0.000597796	0.114037288	0.113439492
15	Granja Andalucía	ANDA	0.000859802	0.164019303	0.163159501
16	Granja San Gabriel	SG	0.000915505	0.17464467	0.173729165
17	Granja Muisca	M	0.000873673	0.166664689	0.165791016
18	Granja La Javeriana	J	0.000252896	0.051769401	0.051516505
19	Granja Avícola Alto Viento	AV	0.000820155	0.216617773	0.215797619
20	Granja Villa Betty	VB	0.00357324	0.943748198	0.940174958
21	Granja Avícola el Tesoro	T	0.001317249	0.347907057	0.346589808
22	Granja San Isidro	IS	0.003513071	0.67016277	0.666649698
23	Granja Bariloche	BARI	0.003433501	0.654985863	0.651552362
24	Granja Guatavita	GUAT	0.001489217	0.284090414	0.282601197

Fuente: Autores.

Como se observa en la

Tabla 14, el caudal captado mediante las cubiertas de galpón tiene la suficiente capacidad para abastecer la demanda estipulada por cada galpón.

8.4. Diseño sistema de recolección aguas lluvias.

Para el diseño se seleccionará el galpón con mayor área de una de las granjas identificadas, dado que, tiene mayor potencial de recolección, de forma que este pueda ser replicado el diseño en las demás granjas, la granja será la **Granja Fátima**, la cual cuenta con 8060.0756 m² de cubierta distribuidas en 8 galpones.

Ilustración 30 – Granja Fátima



Fuente: Autores.

Para el diseño se aplica el concepto de flujo uniforme para el dimensionamiento de las estructuras de transporte. La ecuación de resistencia de Manning junto con la ecuación de continuidad será la base de diseño.

$$V = \frac{1}{n} R_h^{2/3} S_f^{1/2} \quad Q = AV$$

El diseño inicia con identificar la granja y a que zona pertenece la granja, como se ha mostrado anteriormente, hay 3 zonas, la distribución de las granjas según la zona es la siguiente:

Tabla 15: Distribución de granjas según Zona.

Zona	Nombre Estación de Influencia	Granjas Pertenecientes
1	AEROPUERTO PALONEGRO [23195502]	Borinquen Diana Carolina La Javeriana Diana Marcela
2	NARANJO EL [23190440]	Villa Betty El Tesoro Caciquito San Marino Alto Viento

Zona	Nombre Estación de Influencia	Granjas Pertenecientes
3	LAGUNA LA [23190260]	Fátima San Felipe San Nicolas Santa Isabel La conquista Santa María Lago grande Santa Sofia Villa mary Andalucía San Gabriel Muisca San isidro Bariloche Guatavita

Fuente: Autores.

La **Granja Fátima** tiene los siguientes galpones:

Tabla 16: Área de cubiertas en la Granja Fátima.

Ítem	Granja	Nombre Galpón	Área Individual (M2)	Área Total (M2)
		F1	2121.4307	
		F2	71.6028	
		F3	1783.4194	
2	Granja Fátima	F4	1397.1166	8060.0756
		F5	817.2027	
		F6	51.5109	
		F7	1703.0539	
		F8	114.7386	

Fuente: Autores.

Se realizará el análisis para el galpón F1 de la Granja Fátima, dado que es el galpón con mayor área, por lo tanto, si el diseño cumple para este galpón, entonces para los demás galpones al tener menor área el diseño cumplirá sin problemas.

Ilustración 31 – Galpón F1 de la Granja Fátima



Fuente: Autores.

El sistema de recolección de techo se logra a través de canales que recogen el agua de lluvia y bajantes que dirigen el agua de lluvia a los tanques de almacenamiento. Para un diseño óptimo, el diseño del bajante del techo complementa los hallazgos de los dos investigadores. Dawson y Roy B. Hunter, quienes encontraron que el caudal que puede descargar un bajante es función de la relación del área del anillo de agua adherido a la pared con el área total de la sección. Además, la relación está entre 1/4 y 1/3, y la capacidad se representa mediante la siguiente ecuación:

$$Q = 1,754 r^{5/3} d^{8/3}$$

En donde:

Q = Capacidad en l/s

r = Relación de áreas, se escoge una relación de 1/3.

d = Diámetro en pulgadas

$$Q = 1.754 \left(\frac{1}{3}\right)^{\frac{5}{3}} (3 \text{ pulg.})^{\frac{8}{3}} = 5.262 \frac{l}{s} = 0.005262 \frac{m^3}{s}$$

$$Q = 1.754 \left(\frac{1}{3}\right)^{\frac{5}{3}} (4 \text{ pulg.})^{\frac{8}{3}} = 11.3323 \frac{l}{s} = 0.0113323 \frac{m^3}{s}$$

De acuerdo con lo anterior, se usarán bajantes de 3 pulgadas hasta cuando el caudal recolectado por galpón sea de 5.262 l/s, y se usarán bajantes de 4 pulgadas hasta cuando el caudal recolectado por galpón sea de 11.33 l/s.

Para dimensionar la canal a instalar, es necesario previamente calcular cuando es el caudal captado por la cubierta del galpón, por tratarse de una superficie de drenaje muy

pequeña (<2.5 Km²), el método para el cálculo del volumen de escorrentía es el método racional, para esto se usará la siguiente formula:

$$Q = \frac{CIA}{360}$$

Dónde:

Q: Caudal generado por el área de drenaje (m³/s)

C: Coeficiente de escorrentía (adimensional)

I: Intensidad de diseño (mm/hora)

A: Área de drenaje (ha)

El valor de C es **0.83**.

El área de drenaje será el área del galpón dividido entre 10000

$$A (ha) = \frac{A (m^2)}{10000} = \frac{2121.4307}{10000} = 0.2121 ha$$

La intensidad estará definida por la zona a la que pertenezca la granja, como se muestra a continuación

Tabla 17: Intensidad de diseño según Zona.

Zona	Intensidad (mm/h)
1	174.7 mm/h
2	225.4 mm/h
3	162.8 mm/h

Fuente: Autores.

La granja Fátima pertenece a la zona 3, por lo tanto para el galpón F1

$$Q = \frac{0.83 * 162.8 * 0.2121}{360} = 0.079626 \frac{m^3}{s}$$

Es decir, que el galpón F1 requiere de una bajante de 4 pulgadas para evacuar el agua lluvia recolectada, como la cubierta del galpón es de dos aguas, se ubicara una bajante de 4 pulgadas por cada lado del galpón.

Para las canaletas usaremos una canaleta comercial de PVC 135x120 mm, para hacer la verificación de si es suficiente, se usó el software H-CANALES empleando el caudal recolectado por el galpón F1.

Ilustración 32 – Verificación hidráulica canaleta PVC de 12 cm

Lugar:	LEBRIJA SANTANDER	Proyecto:	GRANJA FATIMA
Tramo:	F1	Revestimiento:	

Datos:		
Caudal (Q):	0.039 m ³ /s	
Ancho de solera (b):	0.12 m	
Talud (Z):	0	
Rugosidad (n):	0.015	
Pendiente (S):	0.1 m/m	

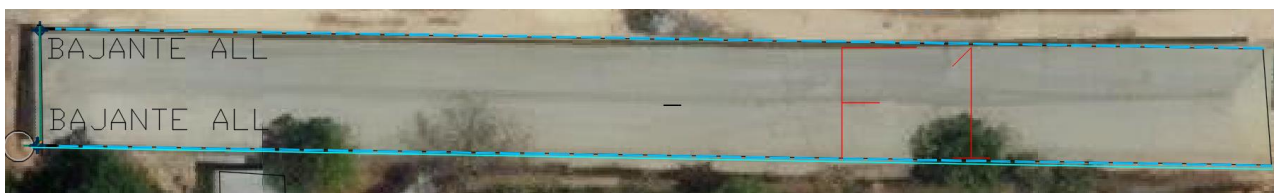
Resultados:			
Tirante normal (y):	0.1296 m	Perímetro (p):	0.3792 m
Área hidráulica (A):	0.0156 m ²	Radio hidráulico (R):	0.0410 m
Espejo de agua (T):	0.1200 m	Velocidad (v):	2.5073 m/s
Número de Froude (F):	2.2235	Energía específica (E):	0.4500 m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	Supercrítico		

Fuente: Autores.

En el cálculo se puede apreciar que la sección es apta para drenar las cubiertas con un pendiente mínimo de 1%.

El agua del galpón será recolectada mediante una canaleta y transportada por las bajantes dispuestas a los lados de la cubierta, y se conectarán al tanque de almacenamiento, el almacenamiento a instalar serán tanques almacenamiento de 2000L y de aquí este se distribuirá hacia el galpón.

Ilustración 33 – Trazado pluvial galpón F1



Fuente: Autores.

8.5. Análisis costo/beneficio de la implementación del sistema de recolección de aguas lluvias.

Una vez realizado el trazado tipo del sistema de recolección de aguas lluvias, se puede calcular el costo por M2 de la implementación del sistema de recolección de aguas lluvias, para esto se calculan las cantidades y el presupuesto de las actividades, la memoria de cantidades y los APU's se encuentran en el **Anexo E**.

Tabla 18: Presupuesto Sistema De Recolección De Aguas Lluvias Para El Galón F1 De La Granja Avícola Fátima - En Lebrija Santander

SISTEMA DE RECOLECCION DE AGUAS LLUVIAS PARA EL GALON F1 DE LA GRANJA AVICOLA FATIMA - EN LEBRIJA SANTANDER			PRESUPUESTO GENERAL DE OBRA JULIO DEL 2022		
ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	VR. UNITARIO	VR. TOTAL
1.00	SISTEMA PLUVIAL				
1.1	TUBERIA PVC 4 PULG PARA BAJANTES DE AGUAS LLUVIAS.	ML	6.00	\$ 42,646.00	\$ 255,876.00
1.2	CODO SANITARIO DE 45 PVC	UND	1.00	\$ 13,468.75	\$ 13,469.00
1.3	YEE SANITARIA DE 4X4 PVC	UND	2.00	\$ 26,468.75	\$ 52,938.00
1.4	CANALETA AMAZONAS PVC	ML	300.00	\$ 33,400.50	\$10,020,150.00
1.5	TUBERIA PVC 1/2 PULG PARA RED DE DISTRIBUCION	ML	150.00	\$ 9,926.28	\$ 1,488,941.00
1.6	TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE 2000L	UND	1.00	\$ 661,876.85	\$ 661,877.00
COSTOS DIRECTOS					\$12,493,251.00
ADMINISTRACION E IMPREVISTOS			20.0%		\$ 2,498,650.00
UTILIDAD			5.0%		\$ 624,663.00
COSTO TOTALES					\$15,616,564.00
1	AREA DEL GALPON DISEÑADO		2121.43	M2	
2	COSTO TOTAL SIN TANQUE ELEVADO				\$14,954,687.15
3	COSTO POR M2 DE GALPON (SIN TANQUE)				\$ 7,049.34
4	COSTO POR CADA M2 A CONSTRUIR		1.00	M2	\$ 668,926.34

Fuente: Autores.

Para calcular el valor por m2, es necesario realizar un análisis previo, dado que, es recomendable que cada galpón tenga su tanque de almacenamiento, por lo tanto, para calcular el valor por m2 del sistema, se separan el valor del tanque de almacenamiento del valor total, de forma que no importa si son 150 m2, o 10 m2 el costo del tanque de almacenamiento será igual en ambos casos.

Teniendo en cuenta lo anterior, podemos concluir que el costo por m2 del sistema de aprovechamiento de aguas lluvias es de \$ 7.049,34, más el costo del tanque de almacenamiento de 2000L.

Es decir, que para calcular el costo por M2 se tendrá que hacer uso de la siguiente formula:

$$4 = (\text{Costo Tanque Elevado}) + (3 * 1)$$

Para realizar el análisis costo beneficio del sistema de reaprovechamiento de aguas lluvias, partiremos de los costos actuales mensuales del servicio de acueducto, para así comparar y obtener el valor aproximado de ahorro que implica el uso del sistema de recolección de aguas lluvias, además de obtener un tiempo estimado de retorno de la inversión.

Tabla 19: Calculo del periodo de retorno de la inversión.

DESCRIPCION	UND	VALOR
Área del galpón diseñado	M2	2121.43
Valor total inversión para la implementación del sistema	PESOS	\$ 15,616,564.00
Costo mensual por M3 del servicio de acueducto en Lebrija	PESOS	\$ 14,961.00
Caudal consumido mensualmente por el galpón	M3	1096.944
Costo total mensual consumido por el galpón	PESOS	\$ 16,411,379.18
Tiempo de retorno de la inversión	MES	0.951569263

Fuente: Autores.

En base a la tabla anterior, para el galpón F1 de la granja Fátima, la inversión requerida puede ser recuperada en 1 mes, por lo tanto, se puede concluir que la implementación del sistema de aprovechamiento de aguas lluvias es viable técnica y económicamente.

8.6. Infografía con el procedimiento de la guía metodológica para el diseño de sistemas de recolección de aguas lluvias en granjas avícolas.

Guía metodológica para el diseño de sistemas de recolección de aguas lluvias en granjas avícolas

1 IDENTIFICACION DE LA GRANJA

Lo primero que se debe realizar es la identificación de la granja, cual es, a cuantos metros cuadrados de galpon se les implementara el sistema de aprovechamiento de aguas lluvias.

2 CALCULO CAUDALES

Una vez identificada su granja, y el area a intervenir, reemplazar este valor en las tablas dinamicas de excel para calcular la demanda de agua, y el caudal captado, y asi obtener el deficit de la demanda, si el deficit es positivo es porque el caudal captado satisface la demanda, si el deficit es negativo, es porque el caudal captado no es suficiente para satisfacer la demanda.

$$V = \frac{4}{3} \pi r^3$$

3 BAJANTES

Se usarán bajantes de 3 pulgadas hasta cuando el caudal recolectado por galpón sea de 5.262 l/s, y se usarán bajantes de 4 pulgadas hasta cuando el caudal recolectado por galpón sea de 11.33 l/s, se instalaran las bajantes dependiendo de las aguas de la cubierta.

4 ALMACENAMIENTO

El agua del galpón será recolectada mediante una canaleta y transportada por las bajantes dispuestas a los lados de la cubierta, y se conectarán al tanque de almacenamiento, el almacenamiento a instalar serán tanques almacenamiento de 2000L para cada galpon y de aquí este se distribuirá hacia el galpón.

5 COSTOS DE INSTALACION

El valor aproximado de la instalacion por M2 es de \$ 7049.34 pesos M/Cte, a este valor se debe sumar el costo del tanque de almacenamiento de 2000L, recordando que por cada galpon es necesario la instalacion de un tanque.

6 RECUPERACION INVERSION

El costo mensual por M3 del servicio de acueducto en Lebrija, es de \$14.961 M/cte, usando el consumo demandado mensual calculado en el ítem 2, se multiplica el caudal por el valor mensual y se obtiene el costo ahorrado en el sistema de acueducto, luego se divid el valor ahorrado en el total invertido y da el tiempo aproximado en meses, en el cual la inversion se recuperaria.

Elaborado por: Ricardo Jose Garcia - Juan Carlos Martinez

9. Conclusiones

Se define el área de los galpones como “Áreas comerciales y de negocios”, por lo tanto, se opta por un período de retorno de **10 años**.

Debido a que las áreas desarrolladas a analizar son galpones, los cuales se pueden clasificar como un área desarrollada tipo Concreto/Techo, y para un periodo de retorno de 10 años, el coeficiente de escorrentía a usar es de **0.83**.

Por tratarse de áreas muy pequeñas y recorridos cortos, se toma como tiempo de concentración una duración mayor a la duración mínima de acuerdo con el RAS 2016 título D que es de 10 minutos, el tiempo de concentración para este trabajo será de 10 minutos.

La estación AEROPUERTO PALONEGRO [23195502], cuya precipitación máxima promedio anual en 24 horas a nivel multianual es 79.13 mm/hora y cuya intensidad de diseño para las obras de drenaje pluvial es 174.7 mm/h.

La estación LAGUNA LA [23190260], cuya precipitación máxima promedio anual en 24 horas a nivel multianual es 72.67 mm/hora y cuya intensidad de diseño para las obras de drenaje pluvial es 162.8 mm/h.

La estación NARANJO EL [23190440], cuya precipitación máxima promedio anual en 24 horas a nivel multianual es 107.57 mm/hora y cuya intensidad de diseño para las obras de drenaje pluvial es 225.4 mm/h.

La estación PALMAS [23190380], cuya precipitación máxima promedio anual en 24 horas a nivel multianual es 85.56 mm/hora y cuya intensidad de diseño para las obras de drenaje pluvial es 186.4 mm/h.

El caudal captado mediante las cubiertas de galpón tiene la suficiente capacidad para abastecer la demanda estipulada por los pollos de cada galpón.

Para el diseño se seleccionó el galpón con mayor área de una de las granjas identificadas, dado que, tiene mayor potencial de recolección, de forma que este pueda ser replicado el diseño en las demás granjas, la granja será la **Granja Fátima**, la cual cuenta con 8060.0756 m² de cubierta distribuidas en 8 galpones.

Se usarán bajantes de 3 pulgadas hasta cuando el caudal recolectado por galpón sea de 5.262 l/s, y se usarán bajantes de 4 pulgadas hasta cuando el caudal recolectado por galpón sea de 11.33 l/s.

Podemos concluir que el costo por m2 del sistema de aprovechamiento de aguas lluvias es de \$ 7.049,34, más el costo del tanque de almacenamiento de 2000L.

Para realizar el análisis costo beneficio del sistema de reaprovechamiento de aguas lluvias, partiremos de los costos actuales mensuales del servicio de acueducto, para así comparar y obtener el valor aproximado de ahorro que implica el uso del sistema de recolección de aguas lluvias, además de obtener un tiempo estimado de retorno de la inversión.

Tabla 20: Calculo del periodo de retorno de la inversión.

DESCRIPCION	UND	VALOR
Área del galpón diseñado	M2	2121.43
Valor total inversión para la implementación del sistema	PESOS	\$ 15,616,564.00
Costo mensual por M3 del servicio de acueducto en Lebrija	PESOS	\$ 14,961.00
Caudal consumido mensualmente por el galpón	M3	1096.944
Costo total mensual consumido por el galpón	PESOS	\$ 16,411,379.18
Tiempo de retorno de la inversión	MES	0.951569263

Fuente: Autores.

En base a la tabla anterior, para el galpón F1 de la granja Fátima, la inversión requerida puede ser recuperada en 1 mes, por lo tanto, se puede concluir que la implementación del sistema de aprovechamiento de aguas lluvias es viable técnica y económicamente.

10. Recomendaciones

Aunque en los últimos años no se han registrado periodos de sequía fuertes, si llegase a ocurrir y el volumen de agua captado no sea lo suficiente para abastecer los galpones, el sistema tendría que apoyarse en el servicio de acueducto.

Dado que este proyecto solo incluye la ingeniería conceptual del sistema de recolección de agua de lluvia y no tiene un nivel de detalle para la instalación y construcción del sistema, se recomienda que se realice una inspección del sitio al momento de la implementación para cuantificar con precisión los componentes del sistema y sus ubicaciones.

Se recomienda que sean leídos y asimilados todos los anexos (A, B, C, D y E) presentados en este documento.

11. Anexos

11.1. Anexo A: transformación de coordenadas.

Mediante una búsqueda en herramientas como Google Maps, y páginas amarillas, se lograron identificar 24 granjas avícolas que se encuentran en Lebrija Santander, estas granjas se ubicaron en Google Earth Pro mediante Pines de Ubicación.

Google Earth Pro maneja coordenadas geográficas (Latitud; Longitud), pero Colombia maneja su propio sistema de coordenadas el cual es conocido como coordenadas planas, El Instituto Geográfico Agustín Codazzi -IGAC es la institución encargada de manejar los sistemas geodésicos nacionales de referencia, por lo tanto, el IGAC promueve la adopción de MAGNA-SIRGAS como sistema de referencia oficial del país.

Entonces se es necesario transformar las coordenadas, convertirlas de coordenadas geográficas a planas, para manejar el sistema de coordenadas oficial nacional, para esto se usó un software que permite la transformación de forma precisa y rápida, este es Global Mapper, a continuación se muestra un instructivo para transformar las coordenadas geográficas manejadas por Google Earth Pro al sistema de referencia nacional MAGNA-SIRGAS.

- Para comenzar es necesario exportar los puntos de ubicación de Google Earth Pro como un archivo tipo. Kml o. Kmz.

Una vez se exporta el archivo. Kml o. Kmz se abre el software Global Mapper, el cual se vera de la siguiente forma:

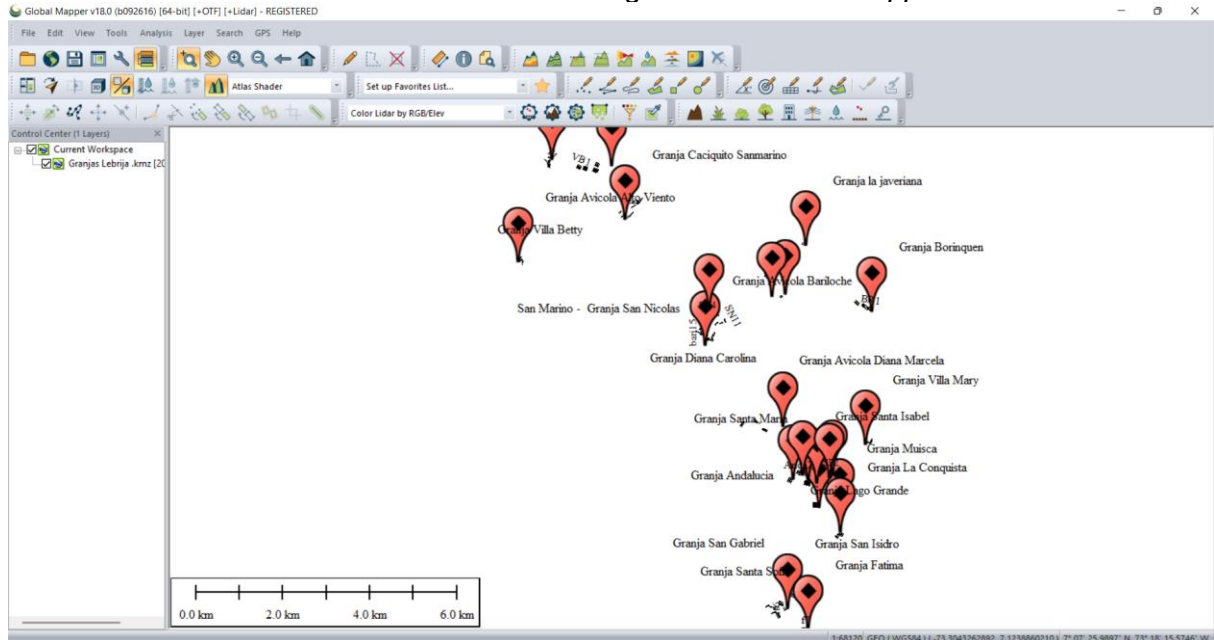
Ilustración 34 – Interfaz Global Mapper



Fuente: Autores, Global Mapper.

- Se carga el archivo con los puntos de ubicación de Google Earth Pro; tipo. Kml o. Kmz mediante la opción Open Data Files, y se cargaran los puntos, de la siguiente forma:

Ilustración 35 – Puntos cargados en Global Mapper



Fuente: Autores, Global Mapper.

En este momento los puntos de encuentran cargados, pero están en el mismo sistema de coordenadas de Google Earth Pro, el sistema de coordenadas geográficas.

- Para la conversión del sistema de coordenadas, se debe configurar el archivo, esto se hace abriendo la opción de configuración, el cual es un botón con un icono de una llave.

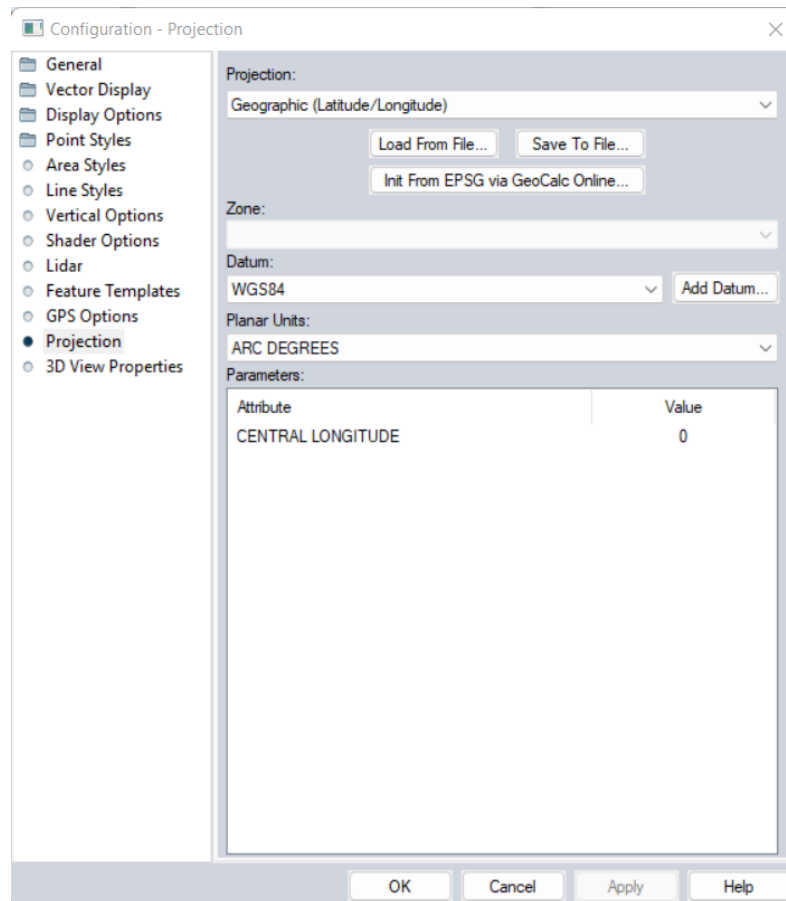
Ilustración 36 – Opción configuración en Global Mapper



Fuente: Autores, Global Mapper.

Al abrir esa opción se despliega un menú de opciones, se busca la opción projection, la cual nos permitirá hacer el cambio de sistema de coordenadas.

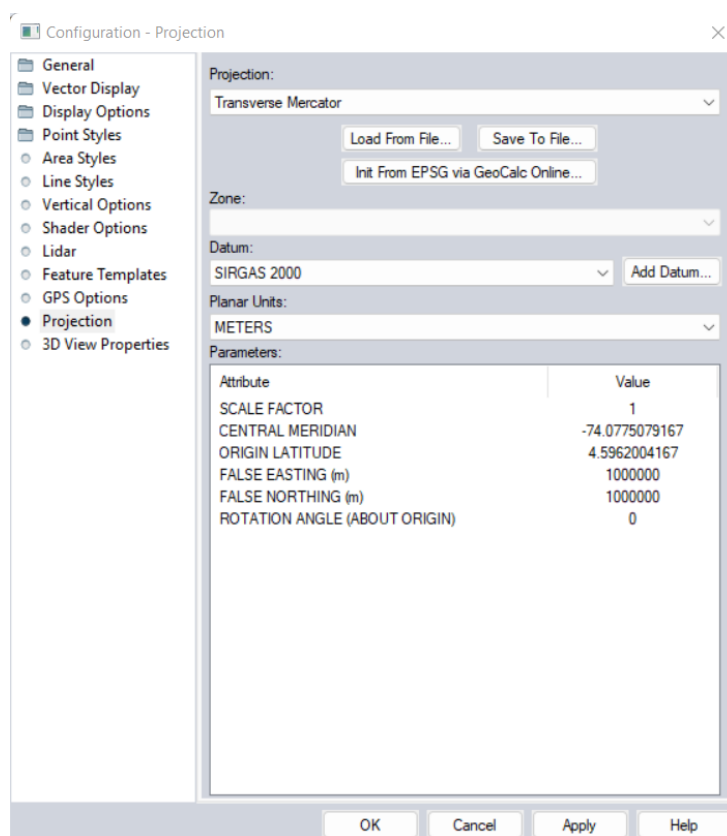
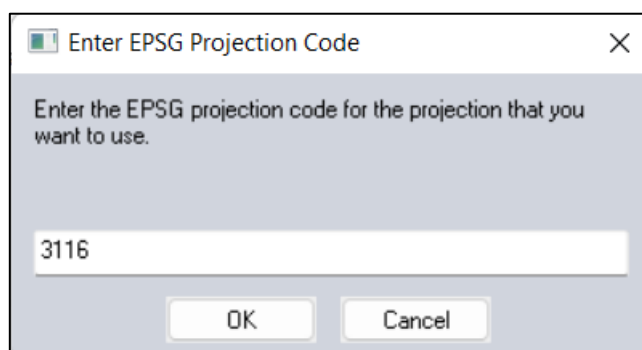
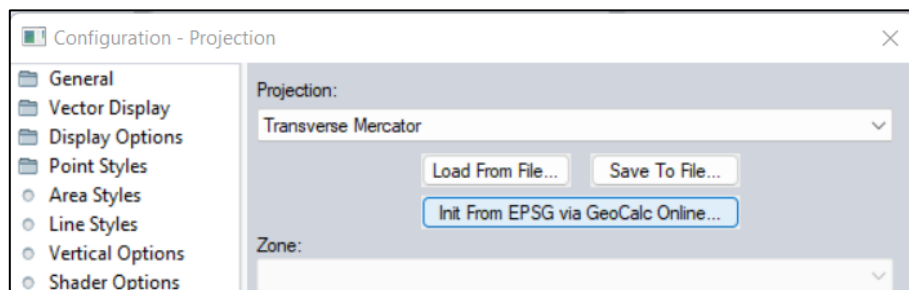
Ilustración 37 – Menú configuración en Global Mapper



Fuente: Autores, Global Mapper.

- Para hacer la conversión del sistema de coordenadas, se debe seleccionar en la opción Init From EPSG vía Geocal Online, e introducir el código EPSG de la zona a la que pertenece el departamento de Santander, este es el código 3116, este nos mostrara las configuraciones de ese sistema de coordenadas, luego se presiona aplicar y OK, con esto el sistema de coordenadas de nuestro archivo ha sido cambiado de coordenadas geográficas a coordenadas planas MAGNA-SIRGAS.

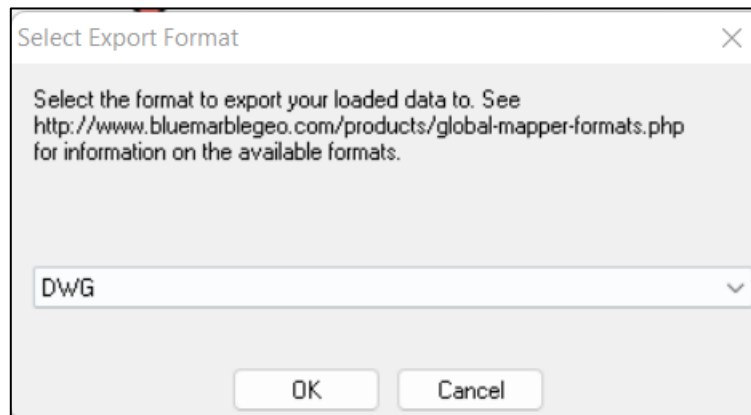
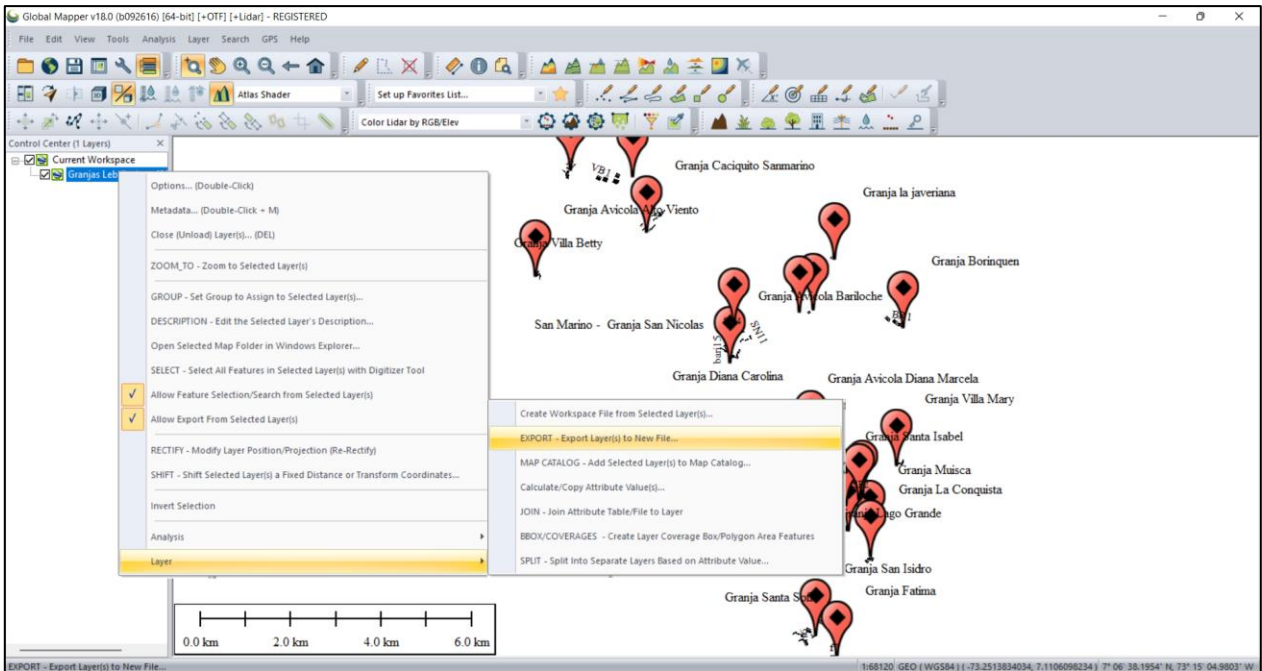
Ilustración 38 – Configuración de projection en Global Mapper



Fuente: Autores, Global Mapper.

- El paso final es exportar el archivo desde Global Mapper a un archivo tipo .Dwg o .DXF, para hacer este paso se presiona clic derecho en el nombre del archivo. Kml o .Kml que se cargó inicialmente, este se encuentra en la barra lateral izquierda, se busca la opción Layer y luego Exportar, esta opción nos permite exportar el archivo a múltiples formatos, pero se debe seleccionar ya sea .Dwg por .DXF.

Ilustración 39 – Exportar archivo desde Global Mapper a .dwg o .DXF



Fuente: Autores, Global Mapper.

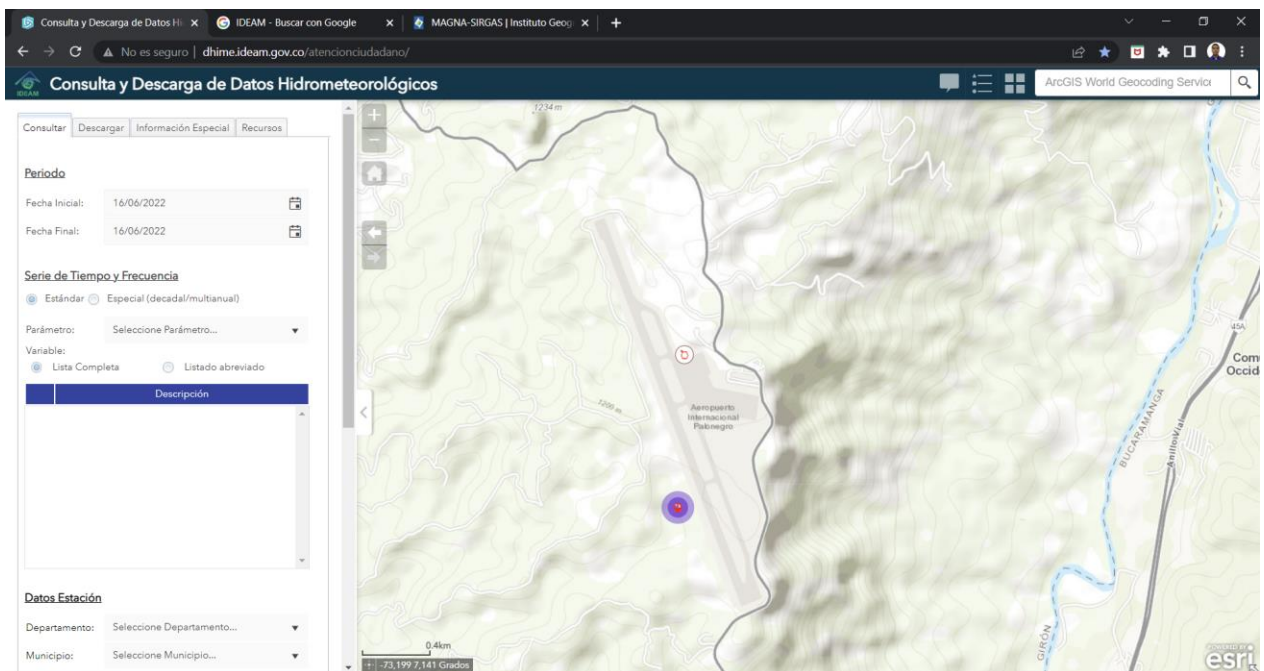
11.2. Anexo B: descarga de información pluviometría existente de la base de datos del IDEAM.

El Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM hace unos años manejaba sus bases de datos de forma privada, y para poder obtener la información era necesario realizar una solicitud para obtener la información de cualquier estación pluviométrica, este proceso podía demorar alrededor de un mes, lo que significaba retrasos en los proyectos, trabajos de grados, artículos, etc.

Hace unos años el IDEAM cambio el modo de trabajar, creando una página web de uso público, que permita obtener la información de cualquier información pluviométrica de forma rápida y actualizada, para ingresar a esta interfaz se hace a través del enlace <http://dhime.ideam.gov.co/atencionciudadano/>.

Una vez se está en la página web “Consulta y Descarga de Datos Hidrometeorológicos” del IDEAM, se observa la siguiente interfaz:

Ilustración 40 – Interfaz página web “Consulta y Descarga de Datos Hidrometeorológicos”



Fuente: Autores, Consulta y Descarga de Datos Hidrometeorológicos - IDEAM

- Para hacer la descarga de datos se debe configurar la descarga en la barra lateral izquierda, primero se debe seleccionar la cantidad de años que queremos descargar, la página no permite descargas más de 30 años en un solo archivo, por lo tanto se seleccionan las fechas de datos menor a 30 años, por ejemplo, del 01/01/1993 hasta 15/06/2022.
- Luego se selecciona el parámetro a descargar de la estación, cabe resaltar que, no todas las estaciones tienen la misma información sobre un parámetro, para este trabajo el parámetro es Precipitación, y la variable será Día pluviométrico (convencional).

Ilustración 41 – Parámetros de descarga para una estación pluviométrica

Consultar Descargar Información Especial Recursos

Periodo

Fecha Inicial: 01/01/1993

Fecha Final: 16/06/2022

Serie de Tiempo y Frecuencia

Estándar Especial (decadal/multianual)

Parámetro: PRECIPITACION

Variable:

Lista Completa Listado abreviado

	Descripción
<input type="radio"/>	Precipitación acumulada 10 minutos
<input type="radio"/>	Precipitación total horaria
<input type="radio"/>	Días con lluvia >= 0,1 mm
<input checked="" type="radio"/>	Día pluviométrico (convencional)
<input type="radio"/>	Precipitación total diaria (automática)
<input type="radio"/>	Precipitación total mensual
<input type="radio"/>	Precipitación total anual

Fuente: Autores, Consulta y Descarga de Datos Hidrometeorológicos - IDEAM

- Lo siguiente es seleccionar la estación a la que se le van a descargar los datos, se selecciona el departamento y municipio de la estación, para este caso, será Santander y Lebrija respectivamente, una vez se seleccionan el departamento y municipio el programa presenta una lista con las estaciones existentes en la zona, es necesario tener en cuenta que hay estaciones inactivas que no tienen una cantidad de datos grande.
- Se selecciona la o las estaciones que se necesiten, se recomienda descarga estaciones individuales para que la información este en archivos independiente, para este caso debemos descargar los datos de 4 estaciones, pero se harán una por una con las mismas fechas y parámetros, se presiona la estación que queremos descargar, por ejemplo, AEROPUERTO PALONEGRO [23195502].
- Se presiona el botón Agregar a la Consulta y este nos llevara a la pestaña descargas, en este solamente se debe presionar el botón descargar, y se descargara un archivo .rar con la información pluviométrica de la estación.

Ilustración 42 – Datos de la estación y descarga de datos.

Datos Estación

Departamento: Santander ▼

Municipio: Lebrija ▼

<input type="checkbox"/>	Código	Nombre	FechaIni
<input checked="" type="checkbox"/>	23195502	AEROPUERTO PALONEGR...	1992-12-31
<input type="checkbox"/>	23195250	AP.PALO NEGRO [2319...	
<input type="checkbox"/>	23190260	LAGUNA LA [23190260...	1992-12-31
<input type="checkbox"/>	23190440	NARANJO EL [2319044...	1992-12-31
<input type="checkbox"/>	23190380	PALMAS [23190380]	1992-12-31
<input type="checkbox"/>	23190230	PROVIDENCIA [23190...	
<input type="checkbox"/>	23190080	PTO SANTOS [231900...	
<input type="checkbox"/>	23195080	URBINA LA [23195080...	

Horizontal scrollbar

Agregar a la Consulta

Consultar Descargar Información Especial Recursos

Periodo: 01/01/1993-16/06/2022

Día pluviométrico (convencional) - AEROPUERTO PALONEGRO
[23195502] - Estandard X

Descargar Agregar Otros Limpiar

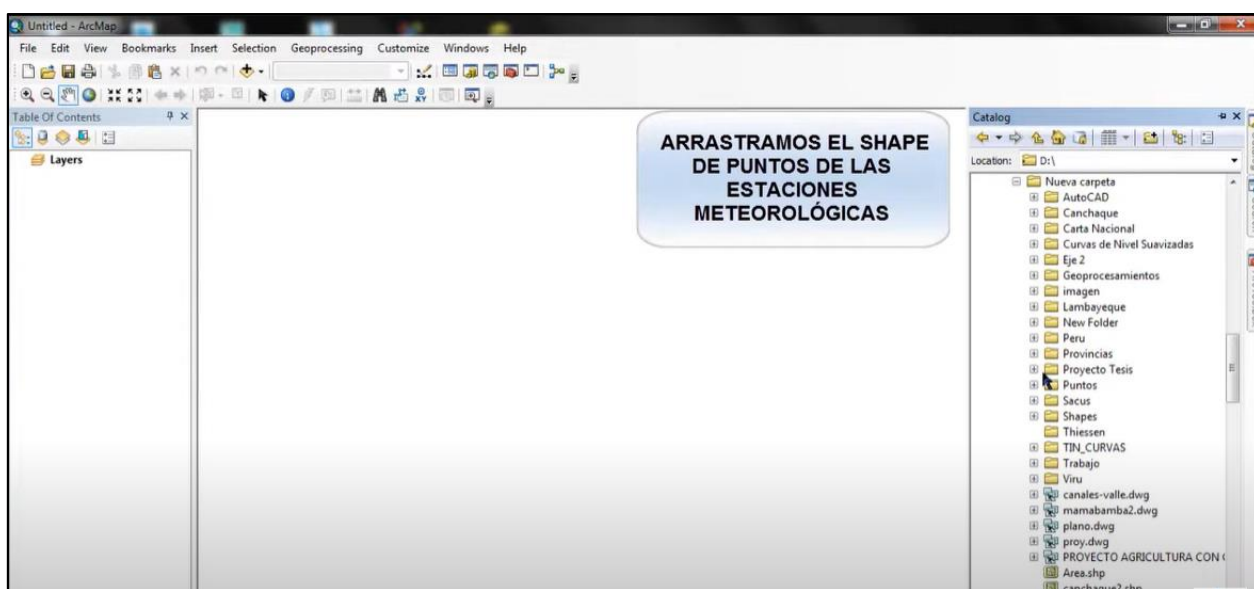
Fuente: Autores, Consulta y Descarga de Datos Hidrometeorológicos - IDEAM

11.3. Anexo C: Creación Polígonos de Thiessen.

Para la creación de los polígonos de Thiessen se usó el Software ArcGIS 10.8, el procedimiento para generar los polígonos son los siguientes:

El primer paso es arrastrar el archivo shape, DXF, para cargar la nube de puntos correspondientes a la ubicación de las estaciones pluviométricas.

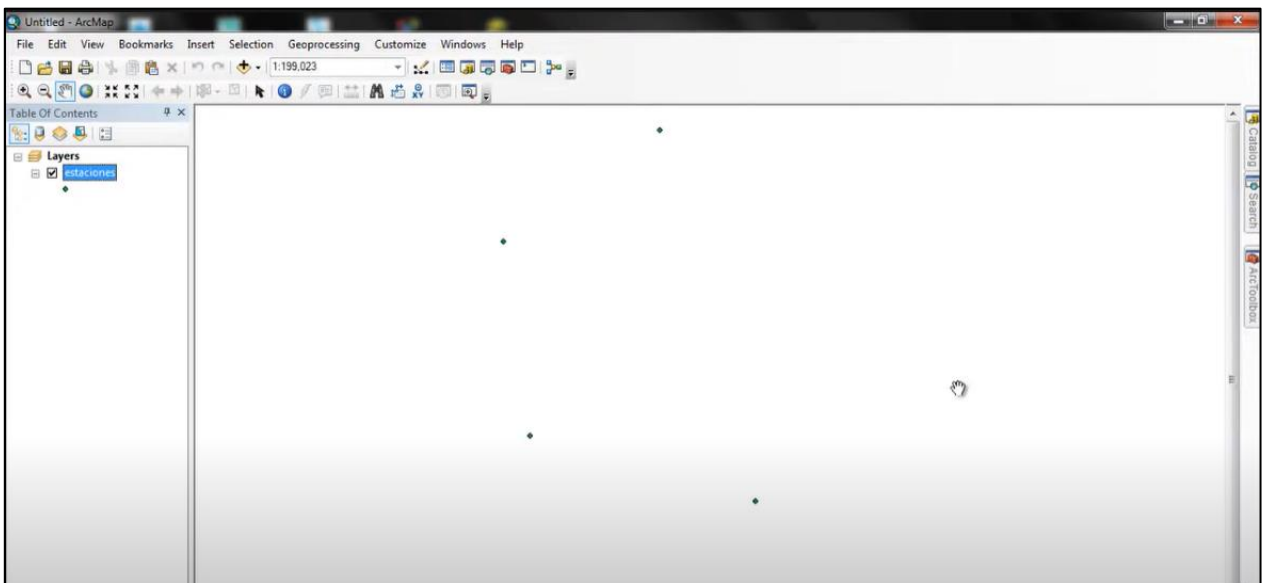
Ilustración 43 – Paso 1 para la creación de Polígonos de Thiessen



Fuente: HidroGis

Una vez cargaron los puntos en la interfaz del software debe verse así:

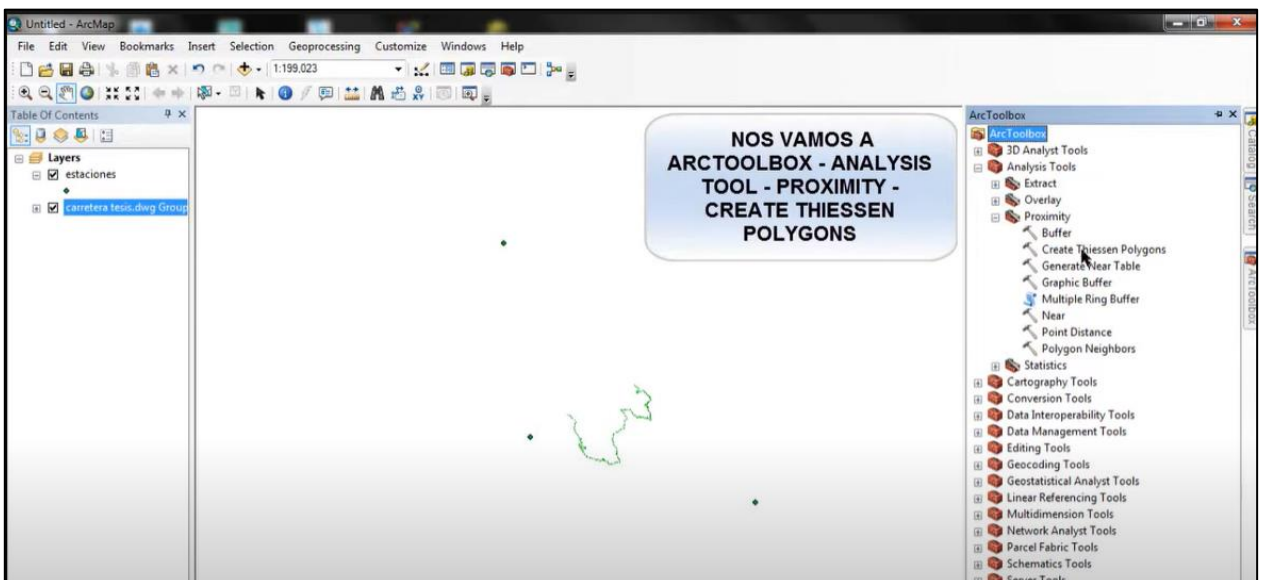
Ilustración 44 – Paso 2 cargue de puntos para la creación de Polígonos de Thiessen

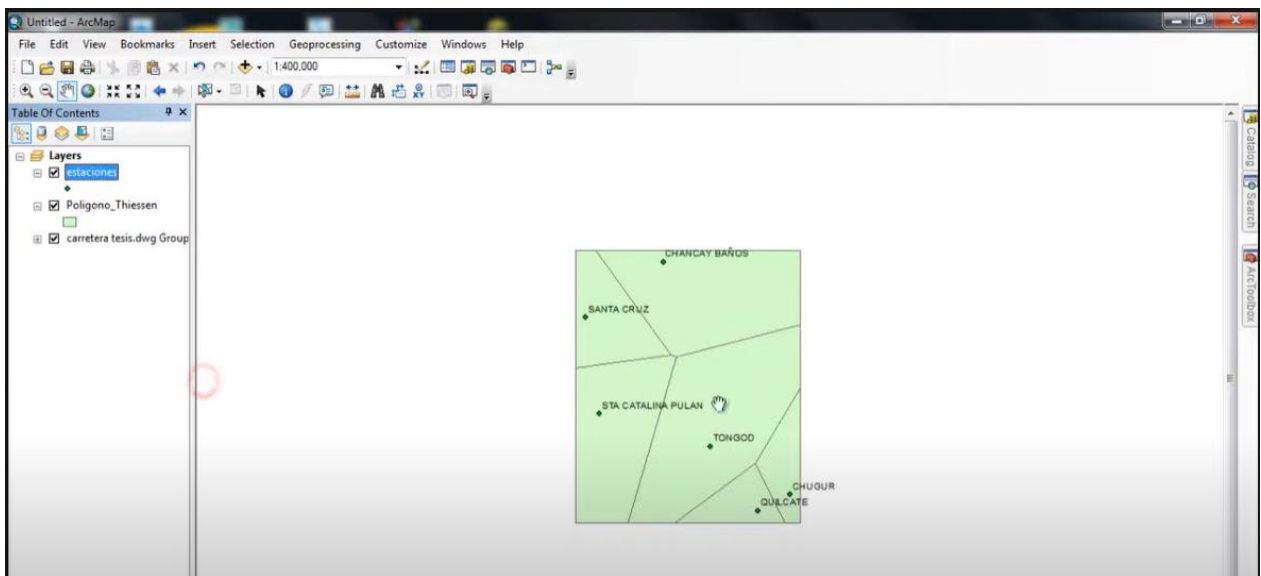
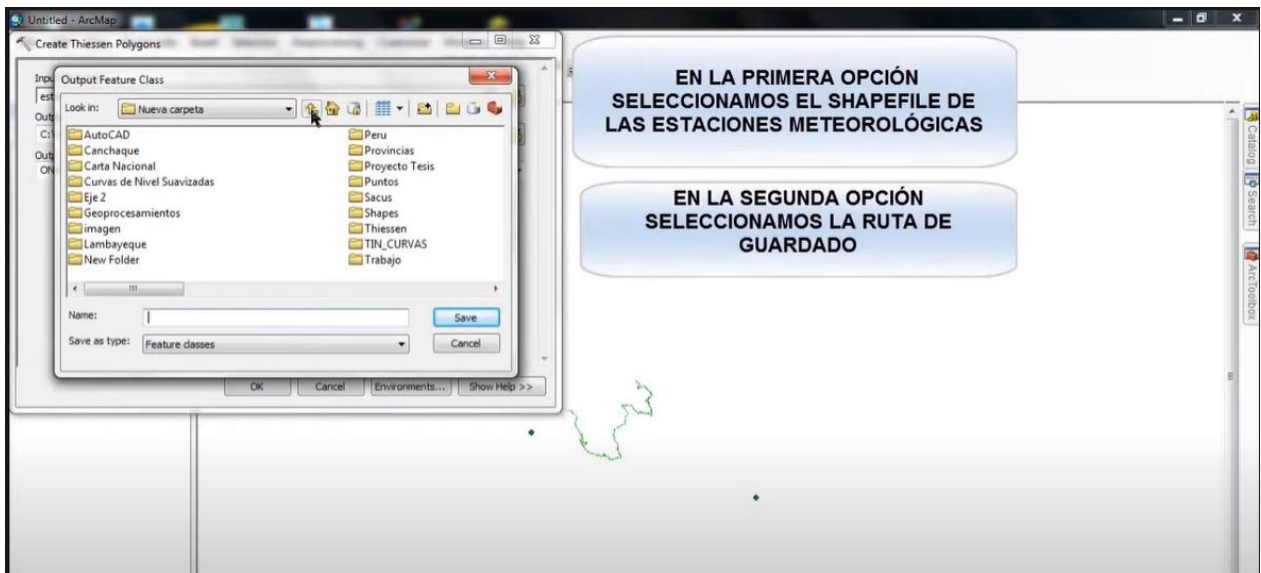


Fuente: HidroGis

Una vez se carguen los puntos en el software, se debe dirigir a Arctools, Analysis Tool, Proximity y créate, Thiessen polygons para comenzar con la creación de la malla

Ilustración 45 – Paso 3 para la creación de Polígonos de Thiessen





Fuente: HidroGis

11.4. Anexo D: Uso de las tablas dinámicas.

Para realizar la comparación del caudal captado contra el caudal demandado para así determinar el déficit de agua en el sistema de recolección de aguas lluvias, se crearon 3 tablas dinámicas que automaticen los diferentes cálculos, de forma que, cualquier persona mediante la herramienta ofimática Excel pueda calcular la oferta hídrica vs la demanda de agua según su galpón.

Para realizar esto es necesario hacer la estimación de la demanda inicialmente, se tiene entonces que, según la Tabla 1, un pollo de 1.30 kg PV (Peso Vivo) consumen en promedio un total de 1.57 Litros/Segundo, y que la densidad de los pollos de es de 10 pollos/m², obteniendo el siguiente resultado así;

Tabla 21: Demanda de agua por cada granja avícola.

Ítem	Granja	Descripción Galpón	Área Total (M2)	Numero de Pollos por M2	Total Pollos Galpón	Demanda de agua por pollo (m3/s)	Demanda total de agua potable (m3/s)	Demanda total de agua potable (m3/mes)
1	Granja Avícola Diana Marcela	DDM	7447.9881	10	74479	0.0000000197	0.001465449	3851.199457
2	Granja Fátima	F	8060.0756	10	80600	0.0000000197	0.001585886	4167.707357
3	Granja Avícola San Felipe	SF	5736.845	10	57368	0.0000000197	0.001128773	2966.414834
4	San Marino - Granja San Nicolas	SN	9656.5431	10	96565	0.0000000197	0.001900013	4993.234006
5	Granja Diana Carolina	DC	5414.8582	10	54148	0.0000000197	0.001065416	2799.913374
6	Granja Caciquito Sanmarino	CA	13115.167	10	131151	0.0000000197	0.002580527	6781.625156
7	Granja Santa Isabel	SSI	8018.2613	10	80182	0.0000000197	0.001577661	4146.093192
8	Granja La Conquista	CA	6022.67	10	60226	0.0000000197	0.001185007	3114.197807
9	Granja Borinquen	BR	13753.459	10	137534	0.0000000197	0.002706119	7111.68069
10	Granja Santa María	SM	7746.4594	10	77464	0.0000000197	0.001524182	4005.549413
11	Granja Lago Grande	LG	15743.908	10	157439	0.0000000197	0.00309777	8140.93894
12	Granja Santa Sofia	SSI	7491.9612	10	74919	0.0000000197	0.001474106	3873.951209
14	Granja Villa Mary	VM	3038.2037	10	30382	0.0000000197	0.000597796	1571.008498
15	Granja Andalucía	ANDA	4369.8343	10	43698	0.0000000197	0.000859802	2259.559257
16	Granja San Gabriel	SG	4652.9174	10	46529	0.0000000197	0.000915505	2405.946099
17	Granja Muisca	M	4440.3132	10	44403	0.0000000197	0.000873673	2296.013769
18	Granja La Javeriana	J	1285.3004	10	12853	0.0000000197	0.000252896	664.6097104
19	Granja Avícola Alto Viento	AV	4168.3539	10	41683	0.0000000197	0.000820155	2155.366573
20	Granja Villa Betty	VB	18160.451	10	181604	0.0000000197	0.00357324	9390.475519
21	Granja Avícola el Tesoro	T	6694.7403	10	66947	0.0000000197	0.001317249	3461.730824
22	Granja San Isidro	IS	17854.607	10	178546	0.0000000197	0.003513071	9232.35084
23	Granja Bariloche	BARI	17450.261	10	174502	0.0000000197	0.003433501	9023.241553
24	Granja Guatavita	GUAT	7568.7923	10	75687	0.0000000197	0.001489217	3913.663359

Fuente: Autores.

Con la anterior tabla podemos determinar la cantidad de agua demandada mensual por los pollos en los respectivos galpones, para el uso de esta tabla, solo es requerido

reemplazar el valor del área del galpón según la granja o de los galpones a los cuales se les quiere realizar los diseños para el reaprovechamiento de aguas lluvias.

Una vez calculado la demanda de agua para los pollos en cada galpón, se requiere calcular la oferta hídrica captada por cada galpón, para determinar así, si esta oferta tiene la capacidad de satisfacer la demanda, para eso tenemos la siguiente tabla:

Tabla 22: Caudal captado mensualmente por las cubiertas de los galpones.

ítem	Granja	Descripción Galpón	Área Total (M2)	Área Total (Ha)	TR (años)	C	Td (min)	I (mm/h)	Caudal [m3/s]	Caudal [m3/mes]
1	Granja Avícola Diana Marcela	DDM	7447.9881	0.7447988	10	0.83	10	174.7	0.299990	788374.98
2	Granja Fátima	F	8060.0756	0.8060075	10	0.83	10	162.8	0.302530	795050.05
3	Granja Avícola San Felipe	SF	5736.845	0.5736845	10	0.83	10	162.8	0.215329	565885.37
4	San Marino - Granja San Nicolas	SN	9656.5431	0.9656543	10	0.83	10	162.8	0.362452	952526.43
5	Granja Diana Carolina	DC	5414.8582	0.5414858	10	0.83	10	174.7	0.218099	573166.69
6	Granja Caciquito Sanmarino	CA	13115.167	1.3115167	10	0.83	10	225.4	0.681558	1791136.6
7	Granja Santa Isabel	SSI	8018.2613	0.8018261	10	0.83	10	162.8	0.300960	790925.46
8	Granja La Conquista	CA	6022.67	0.602267	10	0.83	10	162.8	0.226057	594079.3
9	Granja Borinquen	BR	13753.459	1.3753459	10	0.83	10	174.7	0.553962	1455813.7
10	Granja Santa María	SM	7746.4594	0.7746459	10	0.83	10	162.8	0.290759	764114.78
11	Granja Lago Grande	LG	15743.908	1.5743908	10	0.83	10	162.8	0.590938	1552987.3
12	Granja Santa Sofia	SSI	7491.9612	0.7491961	10	0.83	10	162.8	0.281206	739010.95
14	Granja Villa Mary	VM	3038.2037	0.3038203	10	0.83	10	162.8	0.114037	299689.99
15	Granja Andalucía	ANDA	4369.8343	0.4369834	10	0.83	10	162.8	0.164019	431042.73
16	Granja San Gabriel	SG	4652.9174	0.4652917	10	0.83	10	162.8	0.174644	458966.19
17	Granja Muisca	M	4440.3132	0.4440313	10	0.83	10	162.8	0.166664	437994.8
18	Granja La Javeriana	J	1285.3004	0.1285300	10	0.83	10	174.7	0.051769	136049.99
19	Granja Avícola Alto Viento	AV	4168.3539	0.4168353	10	0.83	10	225.4	0.216617	569271.51
20	Granja Villa Betty	VB	18160.451	1.8160451	10	0.83	10	225.4	0.943748	2480170.3
21	Granja Avícola el Tesoro	T	6694.7403	0.6694740	10	0.83	10	225.4	0.347907	914299.75
22	Granja San Isidro	IS	17854.607	1.7854607	10	0.83	10	162.8	0.670162	1761187.8
23	Granja Bariloche	BARI	17450.261	1.7450261	10	0.83	10	162.8	0.654985	1721302.8
24	Granja Guatavita	GUAT	7568.7923	0.7568792	10	0.83	10	162.8	0.284090	746589.61

Fuente: Autores.

Con la anterior tabla podemos determinar la cantidad de agua captada mensual por cada galpón, y así saber si se puede satisfacer la demanda de los pollos, para el uso de esta tabla, solo es requerido reemplazar el valor del área del galpón según la granja o de los galpones a los cuales se les quiere realizar los diseños para el reaprovechamiento de aguas lluvias.

Una vez se calcula tanto la demanda inicial, así como la oferta hídrica según el área de cada galpón, esta información se corrobora mediante una tabla formulada, que permita analizar la diferencia entre el caudal captado y el caudal demandado.

Esta tabla se realiza de forma automática, por lo que para comparar el caudal demandado vs el caudal ofertado solo es necesario la realización de las dos tablas anteriores.

Tabla 23: Comparación caudal demandado vs caudal captado.

ítem	Granja	Descripción Galpón	Demanda Galpón (m3/s)	Oferta Disponible (m3/s)	Déficit de la Demanda (m3/s)
1	Granja Avícola Diana Marcela	DDM	0.001465449	0.299990478	0.29852503
2	Granja Fátima	F	0.001585886	0.30253046	0.300944574
3	Granja Avícola San Felipe	SF	0.001128773	0.21532929	0.214200517
4	San Marino - Granja San Nicolas	SN	0.001900013	0.362452981	0.360552968
5	Granja Diana Carolina	DC	0.001065416	0.218099959	0.217034543
6	Granja Caciquito Sanmarino	CA	0.002580527	0.681558814	0.678978286
7	Granja Santa Isabel	SSI	0.001577661	0.300960983	0.299383322
8	Granja La Conquista	CA	0.001185007	0.226057573	0.224872566
9	Granja Borinquen	BR	0.002706119	0.553962586	0.551256467
10	Granja Santa María	SM	0.001524182	0.29075905	0.289234868
11	Granja Lago Grande	LG	0.00309777	0.59093884	0.58784107
12	Granja Santa Sofia	SSI	0.001474106	0.281206601	0.279732495
14	Granja Villa Mary	VM	0.000597796	0.114037288	0.113439492
15	Granja Andalucía	ANDA	0.000859802	0.164019303	0.163159501
16	Granja San Gabriel	SG	0.000915505	0.17464467	0.173729165
17	Granja Muisca	M	0.000873673	0.166664689	0.165791016
18	Granja La Javeriana	J	0.000252896	0.051769401	0.051516505
19	Granja Avícola Alto Viento	AV	0.000820155	0.216617773	0.215797619
20	Granja Villa Betty	VB	0.00357324	0.943748198	0.940174958
21	Granja Avícola el Tesoro	T	0.001317249	0.347907057	0.346589808
22	Granja San Isidro	IS	0.003513071	0.67016277	0.666649698
23	Granja Bariloche	BARI	0.003433501	0.654985863	0.651552362
24	Granja Guatavita	GUAT	0.001489217	0.284090414	0.282601197

Fuente: Autores.

Ilustración 52 – Análisis de Precios Unitarios Tubería PVC 4 Pulg Para Bajantes De Aguas Lluvias.

SISTEMA DE RECOLECCION DE AGUAS LLUVIAS PARA EL GALON F1 DE LA GRANJA AVICOLA FATIMA	Capitulo	SISTEMA PLUVIAL			
	SubCap.	1.1			
	Actividad	TUBERIA PVC 4 PULG PARA BAJANTES DE AGUAS LLUVIAS			
	U.M.	ML			
1	Materiales				
	Descripción	Und	V. Unitario	Cant	Vr. Parcial
	TUBERÍA PVC SAN 4"	ML	19900	1.05	\$ 20,895.00
	LIMPIADOR 1/4 PVC	gl	60900	0.1	\$ 6,090.00
	SOLDADURA LIQUIDA PVC 1/4`	gl	82900	0.1	\$ 8,290.00
					\$ -
					\$ -
					\$ -
					\$ -
					\$ -
					\$ -
				Total	\$ 35,275.00
2	Equipos				
	Descripción	Und	V. Unitario	Cant	Vr. Parcial
	Herramienta y Equipo Menor(% M.O)	%	5.00	\$ 7,020.00	\$ 351.00
					\$ -
					\$ -
					\$ -
				Total	\$ 351.00
3	Mano de Obra				
	Descripción	Und	V. Unitario	Cant	Vr. Parcial
	AUXILIAR DE OBRA	Hora	5416.67	0.4	\$ 2,166.67
	OFICIAL OBRA 1	Hora	12133.33	0.4	\$ 4,853.33
					\$ -
				Total	\$ 7,020.00
				Total Actividad	\$ 42,646.00

Fuente: Autores.

Ilustración 53 – Análisis de Precios Unitarios Codo 45° PVC 4 Pulg.

SISTEMA DE RECOLECCION DE AGUAS LLUVIAS PARA EL GALON F1 DE LA GRANJA AVICOLA FATIMA	Capitulo	SISTEMA PLUVIAL		
	SubCap.	1.2		
	Actividad	CODO SANITARIO DE 45 PVC		
	U.M.	UND		
1	Materiales			
Descripción	Und	V. Unitario	Cant	Vr. Parcial
CODO PVC 45° 4" SAN	Und	12900	1	\$ 12,900.00
				\$ -
				\$ -
				\$ -
				\$ -
				\$ -
				\$ -
				\$ -
				\$ -
			Total	\$ 12,900.00
2	Equipos			
Descripción	Und	V. Unitario	Cant	Vr. Parcial
Herramienta y Equipo Menor(% M.O)	%	5.00	\$ 541.67	\$ 27.08
				\$ -
				\$ -
				\$ -
			Total	\$ 27.08
3	Mano de Obra			
Descripción	Und	V. Unitario	Cant	Vr. Parcial
AUXILIAR DE OBRA	Hora	5416.67	0.1	\$ 541.67
				\$ -
				\$ -
			Total	\$ 541.67
			Total Actividad	\$ 13,468.75

Fuente: Autores.

Ilustración 54 – Análisis de Precios Unitarios Yee Sanitaria de 4X4 CXC PVC 4 Pulg.

SISTEMA DE RECOLECCION DE AGUAS LLUVIAS PARA EL GALON F1 DE LA GRANJA AVICOLA FATIMA	Capitulo	SISTEMA PLUVIAL			
	SubCap.	1.3			
	Actividad	YEE SANITARIA DE 4X4 PVC			
	U.M.	UND			
1	Materiales				
	Descripción	Und	V. Unitario	Cant	Vr. Parcial
	YEE SANITARIA 4X4 PULG	Und	25900	1	\$ 25,900.00
					\$ -
					\$ -
					\$ -
					\$ -
					\$ -
					\$ -
					\$ -
					\$ -
					\$ -
				Total	\$ 25,900.00
2	Equipos				
	Descripción	Und	V. Unitario	Cant	Vr. Parcial
	Herramienta y Equipo Menor(% M.O)	%	5.00	\$ 541.67	\$ 27.08
					\$ -
					\$ -
					\$ -
				Total	\$ 27.08
3	Mano de Obra				
	Descripción	Und	V. Unitario	Cant	Vr. Parcial
	AUXILIAR DE OBRA	Hora	5416.67	0.1	\$ 541.67
					\$ -
					\$ -
				Total	\$ 541.67
				Total	\$ 26,468.75
				Actividad	

Fuente: Autores.

Ilustración 55 – Análisis de Precios Unitarios Canal Amazonas en PVC.

SISTEMA DE RECOLECCION DE AGUAS LLUVIAS PARA EL GALON F1 DE LA GRANJA AVICOLA FATIMA	Capitulo	SISTEMA PLUVIAL		
	SubCap.	1.4		
	Actividad	CANALETA AMAZONAS PVC		
	U.M.	ML		
1	Materiales			
Descripción	Und	V. Unitario	Cant	Vr. Parcial
CANALETA AMAZONA PVC	ML	28300	1.05	\$ 29,715.00
				\$ -
				\$ -
				\$ -
				\$ -
				\$ -
				\$ -
				\$ -
				\$ -
				\$ -
			Total	\$ 29,715.00
2	Equipos			
Descripción	Und	V. Unitario	Cant	Vr. Parcial
Herramienta y Equipo Menor(% M.O)	%	5.00	\$ 3,510.00	\$ 175.50
				\$ -
				\$ -
				\$ -
			Total	\$ 175.50
3	Mano de Obra			
Descripción	Und	V. Unitario	Cant	Vr. Parcial
AUXILIAR DE OBRA	Hora	5416.67	0.2	\$ 1,083.33
OFICIAL OBRA 1	Hora	12133.33	0.2	\$ 2,426.67
				\$ -
			Total	\$ 3,510.00
			Total Actividad	\$ 33,400.50

Fuente: Autores.

Ilustración 56 – Análisis de Precios Unitarios Tubería de ½ Pulg.

SISTEMA DE RECOLECCION DE AGUAS LLUVIAS PARA EL GALON F1 DE LA GRANJA AVICOLA FATIMA	Capitulo	SISTEMA PLUVIAL			
	SubCap.	1.5			
	Actividad	TUBERIA PVC 1/2 PULG PARA RED DE			
	U.M.	ML			
1	Materiales				
	Descripción	Und	V. Unitario	Cant	Vr. Parcial
	TUBERÍA PVC 1/2" RDE 13.5	ML	3800	1.05	\$ 3,990.00
	LIMPIADOR 1/4 PVC	gl	60900	0.04	\$ 2,436.00
	SOLDADURA LIQUIDA PVC 1/4`	gl	82900	0.04	\$ 3,316.00
					\$ -
					\$ -
					\$ -
					\$ -
					\$ -
					\$ -
					\$ -
				Total	\$ 9,742.00
2	Equipos				
	Descripción	Und	V. Unitario	Cant	Vr. Parcial
	Herramienta y Equipo Menor(% M.O)	%	5.00	\$ 175.50	\$ 8.78
					\$ -
					\$ -
					\$ -
				Total	\$ 8.78
3	Mano de Obra				
	Descripción	Und	V. Unitario	Cant	Vr. Parcial
	AUXILIAR DE OBRA	Hora	5416.67	0.01	\$ 54.17
	OFICIAL OBRA 1	Hora	12133.33	0.01	\$ 121.33
					\$ -
				Total	\$ 175.50
				Total	\$ 9,926.28
				Actividad	

Fuente: Autores.

Ilustración 57 – Análisis de Precios Unitarios Tanque de Almacenamiento de 2000L.

SISTEMA DE RECOLECCION DE AGUAS LLUVIAS PARA EL GALON F1 DE LA GRANJA AVICOLA FATIMA		Capitulo	SISTEMA PLUVIAL		
		SubCap.	1.6		
		Actividad	TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE 2000L		
		U.M.	UND		
1		Materiales			
Descripción	Und	V. Unitario	Cant	Vr. Parcial	
TANQUE PLASTICO 2000 LT	UND	565500	1	\$ 565,500.00	
TUBERÍA PVC 1" RDE13.5	ML	6500	1.05	\$ 6,825.00	
TUBERÍA PVC-P 2" RDE21	ML	16000	1.05	\$ 16,800.00	
CINTA TEFLON 10 m 1/2"	UND	750	1	\$ 750.00	
CODO 90° PVC-P 1"	UND	1250	2.1	\$ 2,625.00	
CODO 90° PVC-P 2"	UND	8200	2.1	\$ 17,220.00	
LIMPIADOR 1/4 PVC	UND	31500	0.01	\$ 315.00	
SOLDADURA LIQUIDA PVC 1/4"	UND	72237	0.05	\$ 3,611.85	
				\$ -	
			Total	\$ 613,646.85	
2		Equipos			
Descripción	Und	V. Unitario	Cant	Vr. Parcial	
Herramienta y Equipo Menor(% M.O)	%	5.00	\$ 45,933.33	\$ 2,296.67	
				\$ -	
				\$ -	
				\$ -	
			Total	\$ 2,296.67	
3		Mano de Obra			
Descripción	Und	V. Unitario	Cant	Vr. Parcial	
AUXILIAR DE OBRA	Hora	5416.67	4	\$ 21,666.67	
OFICIAL OBRA 1	Hora	12133.33	2	\$ 24,266.67	
				\$ -	
			Total	\$ 45,933.33	
			Total Actividad	\$ 661,876.85	

Fuente: Autores.

12. Bibliografía

Aladenola, O. O. y Adeboye, O. B. (2010). Assessing the potential for rainwater harvesting. *Water Resources Management*, 24(10), 2129-2137.

Arenas-Navarro, I., Montes, E. D., Serrano-Pinilla, S. M., & Rueda-Ordoñez, D. A. (2020). Development of a rainwater harvesting model for broiler farms. *Revista UIS Ingenierías*, 19(2), 127–134. <https://doi.org/10.18273/REVUIN.V19N2-2020014>

Ballén Suárez, J. A., Ángel, M., García, G., Orlando, R., & Mosquera, O. (2006). *SISTEMAS DE APROVECHAMIENTO DE AGUA LLUVIA PARA VIVIENDA URBANA*.

Biazin, B., Sterk, G., Temesgen, M., Abdulkedir, A. y Stroosnijder, L. (2012). Rainwater harvesting and management in rainfed agricultural systems in sub-Saharan Africa. A review. *Phys. Chem. Earth, Parts A/B/C* 47-48, 139-151. <http://dx.doi.org/10.1016/j.pce.2011.08.015>.

Bouma, J., Hegde, S.E., Lasage, R. (2016). Assessing the returns to water harvesting: A meta-analysis. *Agricultural Water Management* 163, 100-109.

Cerne, S. B. y Vera, C. S. (2011). Influence of the intraseasonal variability on heat waves in subtropical South America. *Climate Dynamics*, 36, 2265-2277.

CONPES. (2014). Política para el Desarrollo Integral de la Orinoquia: Altillanura. Bogotá: Consejo nacional de política económica y social. Departamento nacional de planeación para el desarrollo integral de la Orinoquia.

CORMACARENA. (2006). Agenda Ambiental. Colombia: Corporación Para El Desarrollo Sostenible Del Área De Manejo Especial De La Macarena-CORMACARENA.

Doris Adriana Álvarez Lozano. (2017). Evaluación de la orientación y el ángulo de inclinación óptimo de la superficie plana para maximizar la captación de irradiación solar en Cuenca-Ecuador. *Universidad Politécnica Salesiana Sede-Cuenta*. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/14458/1/UPS-CT007120.pdf>

Duran Juárez, Juan Manuel, & Torres Rodríguez, Alicia. (2006). Los problemas del abastecimiento de agua potable en una ciudad media. *Espiral (Guadalajara)*, 12(36), 129-162. Recuperado en 22 de marzo de 2022, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1665-05652006000200005&lng=es&tlng=es.

FAO. (2013). Captación y Almacenamiento de Agua de Lluvia. Opciones técnicas para la agricultura familiar en América Latina y el Caribe. Recuperado de <http://www.fao.org/agronoticias/agro-publicaciones/agro-publicacion-detalle/es/c/176431/>

Gualdrón Becerra, N. (2014). Captación de agua lluvia como alternativa comunitaria ante la escasez y la contaminación para el consumo humano y actividades agropecuarias en las veredas El Salado y La Aguada del municipio de Lebrija Santander, Colombia. *Universidad de Manizales*.

Hugues, Dr. C. R. T. (2019). *La captación del agua de lluvia como solución en el pasado y el presente*. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1680-03382019000200125

Hurtado Aguilar, M. E. (2022). Modelo de selección de luminarias solares de acuerdo con su ubicación geográfica y aplicación de este en plantas piloto en los departamentos de Antioquia, Cauca, Cundinamarca y Risaralda. Universidad de Antioquia. <http://tesis.udea.edu.co/handle/10495/25986>

Morales Ayala, J. F. (2016). Formulación del programa de ahorro y uso eficiente del agua -pueaa- en la granja avícola "el pedregal" agro avícola Sanmarino en la vereda buenos aires de la ciudad de Ibagué Tolima 2016.

Nacional De Colombia, U. (2017). APROVECHAMIENTO DE AGUA LLUVIA EN EL DESARROLLO DE OBRA CIVIL MARIA FERNANDA CAMELO CAPADOR.

Ortiz Bernal, M. A. (2018). Estudio de la viabilidad y beneficio económico sobre la instalación de un sistema de recirculación de aguas grises y aguas lluvias. *Instname: Universidad de Los Andes*.

Ruiz Garzón, Z. M., Peña Vega, D. A., Cardoso Polania, M. A., & civil, I. (2018). Diseño de sistema para el aprovechamiento de agua lluvia y ahorro de agua potable en el colegio la nueva esperanza del municipio de la calera - Cundinamarca.

Vargas-Pineda, O. I. González-García, N. Y Trujillo-González, J. M. (2018). Análisis de un sistema de cosecha de agua a pequeña escala con finalidad pecuaria. *Revista Luna Azul*, 46, 20-32. Recuperado de <http://200.21.104.25/lunazul/index.php/component/content/article?id=270>. DOI: 10.17151/luaz.2018.46.3