



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**CARRERA DE AGROPECUARIA**

**COMPONENTE PRÁCTICO DEL EXAMEN DE CARÁCTER COMPLEXIVO**  
**MODALIDAD: “ESTUDIO DE CASO”**

**EVALUACIÓN DE UN SISTEMA DE RIEGO POR**  
**ASPERSIÓN ESTACIONARIO EN EL CULTIVO DE**  
**BANANO EN EL AZÚCAR, PROVINCIA DE SANTA ELENA**

Previo a la obtención del título de:

**INGENIERA AGROPECUARIA**

**Autor:** CRUZ MORA ERIKA ALEJANDRA

**LA LIBERTAD, 2022**



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**CARRERA DE AGROPECUARIA**

**COMPONENTE PRÁCTICO DEL EXAMEN DE CARÁCTER COMPLEXIVO**  
**MODALIDAD: “ESTUDIO DE CASO”**

**EVALUACIÓN DE UN SISTEMA DE RIEGO POR**  
**ASPERSIÓN ESTACIONARIO EN EL CULTIVO DE**  
**BANANO EN EL AZÚCAR, PROVINCIA DE SANTA ELENA**

Previo a la obtención del Título de:  
**INGENIERA AGROPECUARIA**

**Autor/a:** ERIKA CRUZ MORA

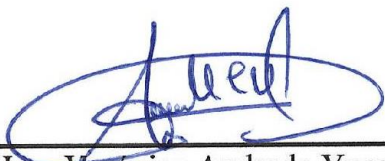
**Tutor/a:** ÁNGEL LEÓN MEJÍA

**LA LIBERTAD, 2022**

## TRIBUNAL DE GRADO

Trabajo de Integración Curricular presentado por **CRUZ MORA ERIKA ALEJANDRA** como requisito parcial para la obtención del grado de Ingeniero/a Agropecuario de la Carrera de Agropecuaria.

Trabajo de Integración Curricular **APROBADO** el: 15/08/2022



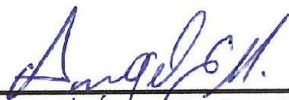
Ing. Verónica Andrade Yucailla, Ph. D.

**DIRECTORA DE CARRERA  
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**



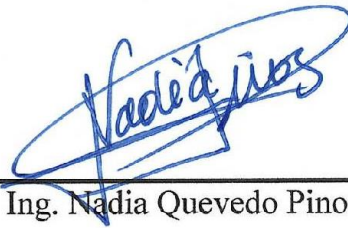
Ing. Carlos Balmaseda Espinosa, Ph. D.

**PROFESOR ESPECIALISTA  
MIEMBRO DEL TRIBUNAL**



Ing. Ángel León Mejía, MSc.

**PROFESOR TUTOR  
MIEMBRO DEL TRIBUNAL**



Ing. Nadia Quevedo Pinos, Ph. D.

**PROFESORA GUÍA DE LA UIC  
MIEMBRO DEL TRIBUNAL**



Lcda. Ana Villalta Gómez, MSc.

**ASISTENTE ADMINISTRATIVO  
SECRETARIA**

## **DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD**

El presente Trabajo Práctico de Examen de Grado de carácter complejo Titulado **“EVALUACIÓN DE UN SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN ESTACIONARIO EN EL CULTIVO DE BANANO EN EL AZÚCAR, PROVINCIA DE SANTA ELENA”** y elaborado por **CRUZ MORA ERIKA ALEJANDRA**, declara que la concepción, análisis y resultados son originales y aportan a la actividad científica educativa agropecuaria.

### **Transferencia de derechos autorales.**

"El contenido del presente Trabajo de Graduación es de mi responsabilidad; el patrimonio intelectual del mismo pertenece a la Universidad Estatal Península de Santa Elena".



Firma del estudiante

## **DEDICATORIA**

Me gustaría dedicar mi tesina a mi querido hijo por ser mi fortaleza y apoyo para seguir adelante ya que su cariño me enseñó a encarar las adversidades sin perder nunca la dignidad ni desfallecer en el intento. Me ha dado la valentía de seguir avanzando junto a él y poder alcanzar metas y sueños.

Para mis padres que son fundamental en mi vida y que gracias a ellos soy lo que soy como persona, ser humano.

## **AGRADECIMIENTO**

Primeramente, le agradezco a la Facultad de Ciencias Agrarias por darme la oportunidad de desenvolverme académicamente como estudiante, a mis queridos profesores por impartir sus conocimientos y motivarnos a llegar a la meta.

Le doy gracias a Dios supremo Divino por darme la fe y esperanza de poder finalizar mi carrera universitaria.

## RESUMEN

En este trabajo se analizó la evaluación de un sistema de riego por aspersión estacionaria en el cultivo de banano en el Azúcar provincia de Santa Elena. Se presentó un estudio de caso en el cual se evaluó el sistema de riego por aspersión en la hacienda Agrícola Krasnaya S.A en donde se realiza la exportación de banano orgánico uno de los 10 productos que más se exportan en el Ecuador. Para el procedimiento se tomó 6 aspersores cada uno a 12 metros de distancia, entre ellos se colocó 32 vasos pluviométricos calculando la lámina de agua recogida por los pluviómetros, se utilizó la fórmula de Christiansen CUC para verificar una correcta aplicación y distribución de agua en el área a regar permitiendo un uso más eficiente, también se utilizaron otros procedimientos para llegar a la verificación final del trabajo realizado. Los resultados indicaron que los valores de CUC fueron 56,29 % que está debajo del 80% de desempeño indicando que sería sumamente inaceptable ya que el sistema de riego que se utiliza en la hacienda no es un parámetro adecuado para el cultivo que se está regando y no cumple con lo establecido por Christiansen. Siempre la calidad del riego va a ser evaluada en base a los indicadores de desempeño como eficiencia y uniformidad, mediante los índices de su productividad de agua que se relacionen en el rendimiento de los cultivos y el valor que esto conlleva en lo establecido.

**PALABRA CLAVE:** Evaluación, eficiencia, aspersión, uniformidad, calidad, rendimiento, CUC.

## **ABSTRACT**

In this work, the evaluation of a stationary sprinkler irrigation system in banana cultivation in the Azúcar province of Santa Elena was analyzed. A case study was presented in which the sprinkler irrigation system was evaluated at the Agrícola Krasnaya S.A farm, where organic bananas are exported, one of the 10 most exported products in Ecuador. For the procedure, 6 sprinklers were taken, each one at a distance of 12 meters, between them 32 rain gauges were placed, calculating the sheet of water collected by the rain gauges, the Christiansen CUC formula was used to verify a correct application and distribution of water in the area to irrigate allowing a more efficient use, other procedures were also used to reach the final verification of the work done. The results indicated that the CUC values were 56.29%, which is below 80% performance, indicating that it would be highly unacceptable since the irrigation system used on the farm is not an adequate parameter for the crop being irrigated. and does not comply with what is established by Christiansen. The quality of the irrigation will always be evaluated based on performance indicators such as efficiency and uniformity, through the indexes of its water productivity that are related to the yield of the crops and the value that this entails in what is established.

**KEY WORD:** Evaluation, efficiency, spraying, uniformity, quality, performance, CUC.



# ÍNDICE

Contenido

<b>DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD .....</b>	<b>II</b>
<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>Problema:.....</b>	<b>2</b>
<b>Objetivos .....</b>	<b>2</b>
<b>Objetivo general:.....</b>	<b>2</b>
<b>Objetivos Específicos: .....</b>	<b>2</b>
<b>1. REVISION BIBLIOGRAFICA .....</b>	<b>3</b>
1.1.- Riego por aspersión .....	3
1.3 Elementos que integran un sistema de riego por aspersión .....	4
1.4 Métodos de evaluación de riego .....	5
1.5 Coeficiente de uniformidad de Christiansen.....	6
1.6 Coeficiente de uniformidad de distribución .....	6
1.7 Área adecuadamente regada .....	7
1.8 Factor de adecuación de riego .....	7
1.9 Tipos de Aspersores.....	8
1.10 Evaluación del sistema de aspersión estacionario .....	8
<b>2.MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>9</b>
<b>LUGAR DE ENSAYO .....</b>	<b>9</b>
<b>2.1 MATERIALES .....</b>	<b>10</b>
<b>2.2 EQUIPOS.....</b>	<b>10</b>

<b>2.3 METODOLOGIA DE INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>11</b>
<b>2.4 MANEJO DE EVALUACIÓN.....</b>	<b>11</b>
<b>2.5.1 Elementos que integran un sistema de riego por aspersión .....</b>	<b>11</b>
<b>2.5.2 Presión de emisores.....</b>	<b>12</b>
<b>2.5 EVALUACIÓN DE LOS COMPONENTES DE LA INSTALACIÓN .....</b>	<b>12</b>
<b>2.6 EVALUACIÓN DE UNIFORMIDAD DE RIEGO .....</b>	<b>12</b>
<b>2.7 LÁMINA RECOGIDA POR LOS PLUVIÓMETROS .....</b>	<b>13</b>
<b>2.8 COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD DE CHRISTIANSEN.....</b>	<b>14</b>
<b>2.9 UNIFORMIDAD DE LA INSTALACIÓN .....</b>	<b>15</b>
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>17</b>
<b>3 RESULTADOS .....</b>	<b>17</b>
3.1.1 Lámina acumulada por los pluviómetros.....	17
3.1.2 Cálculo de Lámina de agua.....	17
3.1.3 Coeficiente de uniformidad de Christiansen.....	19
3.1.4 Cálculo de la media de los volúmenes y uniformidad de distribución. ....	22
3.1.5 Cálculo de uniformidad de la instalación. ....	23
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>25</b>
<b>Conclusiones .....</b>	<b>25</b>
<b>Recomendaciones .....</b>	<b>25</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....</b>	<b>26</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>26</b>

**Anexos .....28**

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Demostración de los valores de la uniformidad de distribución. ....	16
<b>Tabla 2.</b> Cálculo para el coeficiente de uniformidad.....	20
<b>Tabla 3.</b> Parámetros de clasificación de desempeño de sistema de riego por aspersión.....	21
<b>Tabla 4.</b> Clasificación de la uniformidad de la instalación por Christiansen.....	22

## ÍNDICE DE FIGURAS

**Figura 1.** Ubicación donde se realizará el estudio.

**Figura 2.** Evaluación de uniformidad de riego.

**Figura 3.** Indica la zona a evaluar donde estarán ubicados los aspersores.

**Figura 4.** Profundidad de aplicación de riego.

## ÍNDICE DE ANEXOS

**Anexo 1.** Recolectando datos en los aspersores.

**Anexo 2.** Verificando datos.

**Anexo 3.** Manómetro marcando 20 PSI.

**Anexo 4.** Tacho de 20 litros.

**Anexo 5.** Motor de 250 HP.

**Anexo 6.** Bomba Aurora 2200 gl/min.

**Anexo 7.** Presión del motor 73 PSI.

**Anexo 8.** Hacienda Agro&sol.

**Anexo 9.** Probeta para recoger los volúmenes.

**Anexo 10.** Pluviómetros.

**Anexo 11.** Pluviómetros cada 3 metros.

**Anexo 12.** Verificando agua recogida.



## INTRODUCCIÓN

En sus inicios el riego por aspersión, a comienzos del siglo veinte en los años treinta fueron demasiados costosos, después de un tiempo los costos bajaron ya que aparecieron otros tipos de aspersores, que tenían menor peso que las tuberías de acero y en ciertas piezas como acoples de tuberías rápidas para la unión de las tuberías. Esto hizo que se utilicen más a nivel mundial para los diferentes tipos de cultivos (Holzapfel, 2007).

En los años 50 hubo un avance en el método de riego por aspersión ya que aparecieron nuevas tuberías de aluminio, el avance que mostró los aspersores fueron un éxito en las estaciones de bombeo. El sistema de riego por aspersión es sin duda alguna es un método factible ya que se pueden adaptar a cualquier tipo de suelo y cultivo (Balmaseda C. , 2015).

El sistema de riego por aspersión es importante ya que se puede aplicar distintas dosis de riego, además de no necesitar nivelación y facilita por lo general la mecanización (Rodríguez, Daniel, 2013).

La evaluación indica el comportamiento del riego en el área de cultivo y el porcentaje de riego aplicado que será aprovechable por las plantas en las áreas menos regadas, esto indica también la calidad y eficiencia del riego.

La evaluación del riego puede hacerse de manera sencilla mediante el coeficiente de uniformidad de Christiansen (1942), que permite valorar la calidad de riego de manera que su desempeño contribuya a la eficiencia y uniformidad mejorando los índices de productividad de agua al aplicar de manera adecuada (Florez, 2013).

La uniformidad del riego se caracteriza por cubrir el área a regar, de manera que la uniformidad suele ser afectada por ciertos factores tales como: la velocidad del viento, caudal y lluvia del emisor, presión de operación etc. En este sentido es necesario que todo sistema de riego, sea sometido de manera periódica a procesos de evaluación de distribución de caudales con la finalidad de entregar al cultivo la dosis adecuada de riego.



**Problema:**

¿Es posible que la evaluación del sistema de riego por aspersión permita realizar el manejo adecuado de las dosis de riego en el cultivo de banano en el Azúcar, provincia de Santa Elena?

**Objetivos*****Objetivo general:***

-Evaluar la uniformidad del riego por aspersión de un sistema estacionario para el cultivo de banano en la comuna el Azúcar.

***Objetivos Específicos:***

- Determinar el Coeficiente de uniformidad de Christiansen.
- Obtener el coeficiente de caudales CUD.

# **1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

## **1.1.- Riego por aspersión**

El riego por aspersión es una manera adecuada para regar un área específica, además que es un método correcto que sirve en caso de que la velocidad del viento de una zona no sea considerable o favorable, el sistema demanda de mucha energía ya que es necesario tener una alta presión para que tenga un mejor funcionamiento de calidad (Demin, 2014).

La eficiencia de riego es un concepto usado en muchos proyectos de manejo de sistemas de riego por aspersión. La calidad del riego se evalúa con base en indicadores de desempeño como eficiencia y uniformidad y por medio de índices de productividad de agua que relacionan en el rendimiento de los cultivos y el valor económico de la producción por unidad de lámina de agua aplicada o consumida (Agnellos, 2013).

El agua es un factor que limita la producción, por lo tanto, un excelente riego debe caracterizarse y presentar alta eficiencia en la uniformidad para garantizar el uso racional del recurso hídrico. En el campo hay variedades factores que afectan la uniformidad del riego. En riego por aspersión, el viento, principalmente su velocidad y dirección es muy importante investigarlos ya que se conoce cómo afectan la distribución de las láminas aplicadas en el mismo. Esto permitirá generar acciones adecuadas que minimicen los riesgos de pérdidas en cultivos (Miranda, 2015).

El agua sale por los aspersores proporcionada de presión y llega hasta ellos a través de una red de tuberías cuya complejidad y longitud depende de la dimensión y la configuración de la parcela a regar.

Una de las características fundamentales de este sistema es que es preciso dar al agua una presión a la entrada en la parcela de riego por medio de un sistema de bombeo. La disposición de los aspersores se realiza de forma que se moje toda la superficie del suelo, de la forma más homogénea posible.

Los efectos climáticos son de importancia crucial para el proyecto y manejo de este sistema. Un aspersor es aquel que se desplaza por gotas de agua en la superficie del suelo tienen diferentes direcciones y velocidades similares, depende del aspersor este podría girar hasta

los 360 gados son visibles contienen resortes inoxidable para trabajar con mayor seguridad ya que estos son fabricados bajo un estricto control de calidad (Morcillo J. , 2019).

El movimiento del aspersor es provocado por la presión del agua que, al salir, se dispersa en forma de gotas mojando una superficie más o menos circular, cuyo alcance depende de la presión del agua y del tipo de aspersor. La distribución del agua sobre la superficie regada por un aspersor no es uniforme, por lo que para conseguir la mayor uniformidad posible han de disponerse los aspersores lo suficientemente próximos entre sí de tal forma que se produzca un solape entre ellos (Gonzalez, 2016).

Son visibles, giratorios, de impacto, con material de tuercas, vástago y boquillas de latón, el cuerpo y brazo están hechos de bronce, las rondanas son de teflón, latón y neopreno. El espaciamiento entre aspersores es de 11 a 13 m. Los pernos y resortes son de acero inoxidable, para trabajar con seguridad por muchos años ya que son fabricados bajo un estricto control de calidad. Los aspersores tienen su giro con chumacera a prueba de arena, lo que les asegura una larga vida (Morcillo M. , 2019).

### **1.3 Elementos que integran un sistema de riego por aspersión**

Para un mejor aprovechamiento del agua por medio de un sistema de riego tradicional de riego por aspersión se deben considerar las siguientes unidades básicas:

- Fuente de suministro, pudiendo ser: río, agua subterránea, reservorio
- Canales de suministro principales
- Disipadores de energía en canales, si fuesen necesarios
- Saltos, Estructuras de aforos
- Sedimentadores
- Canales de drenaje
- Red vial
- Reguladores diarios
- Casa hacienda
- Tuberías
- Empaques
- Accesorios
- Aspersores

- Unidad de bombeo (bomba + motor)
- Obras de captación para unidades de bombeo
- Bodegas
- Fuente de suministro de energía
- Mano de obra

Resulta imperante el saber la forma en que cada una de ellas interviene en el campo para el funcionamiento óptimo del sistema de riego, partiendo de la condicionante de que el ingeniero de campo tenga los conocimientos de su existencia y de la forma a recomendarse en su uso por los trabajadores (González, 2016).

#### **1.4 Métodos de evaluación de riego**

La evaluación de un sistema de riego por aspersión es un proceso por el que se puede saber si la instalación y el manejo que se hace de ella reúnen las condiciones necesarias para aplicar los riegos adecuadamente, esto es, cubriendo las necesidades del cultivo para la obtención de máximas producciones y al mismo tiempo minimizando las pérdidas de agua (Suarez & Ortega, 2010).

Con los resultados obtenidos se pueden proponer cambios, con frecuencia sencillos de realizar, que repercutirán en la mejora del riego. Así, el funcionamiento de un sistema de riego por aspersión puede mejorar sustancialmente variando la presión de trabajo, tamaño de boquillas, altura de aspersores, tiempo de las posturas de riego, cambiando el material desgastado, etc (Sevilla, 2017).

Las evaluaciones deberán realizarse, en general, en las condiciones normales de funcionamiento de forma que lo observado coincida con la situación usual durante la aplicación de los riegos. Los principales aspectos a tener en cuenta al realizar una evaluación son los siguientes: n Comprobar el estado de los diferentes componentes de la instalación y si el mantenimiento es adecuado. Determinar los caudales reales aplicados por los aspersores a la presión de trabajo y la lámina de agua aplicada al campo por unidad de tiempo. Determinar la uniformidad de aplicación del agua. n Determinar la eficiencia de aplicación del riego. Analizar los criterios seguidos por el usuario del riego para decidir la lámina de agua a aplicar (generalmente reservado a personal técnico cualificado). Detectar

y analizar los problemas de funcionamiento de la instalación y plantear las soluciones más sencillas y económicas (Fernández, 2015).

### **1.5 Coeficiente de uniformidad de Christiansen**

El coeficiente de uniformidad debe tener valores aceptables de un 80% esto refleja una correcta aplicación y distribución de agua en el área a regar permitiendo un uso más eficiente del agua a utilizar aumentando la producción debido a que los cultivos instalados reciban la cantidad de agua de acuerdo con sus necesidades hídricas, deben analizarse las operaciones de riego en condiciones reales considerando la variabilidad de parámetros hidráulicos (Rojas P. 2018).

La uniformidad dependerá también del viento y de las condiciones atmosféricas, por lo que será necesario anotar la temperatura y, aunque sea sólo aproximadamente, la dirección y velocidad del viento, así como el día y la hora en que se realizó la evaluación. El cálculo del coeficiente de uniformidad se hará en base al criterio de la fórmula de Christiansen (desarrollado en 1942). Es una representación estadística de la uniformidad, utilizado principalmente en los sistemas de aspersión; es el parámetro de uniformidad de uso más generalizado (Gutiérrez, 2016).

El cálculo de las pérdidas de carga en una tubería con distribución discreta del gasto, régimen permanente y uniforme, caudal constante por derivación y salidas equidistantes (conducción a presión con servicio en ruta), fue abordado y resuelto por Christiansen en el año 1942, para el caso en que la primera derivación estuviera situada a una distancia del extremo aguas arriba de la tubería igual al espaciamiento existente entre todas las derivaciones (Bernis, 2017).

### **1.6 Coeficiente de uniformidad de distribución**

La programación del riego está dada en el caudal de cada emisor que está definida por los fabricantes además el caudal tiene muchos efectos de presión, temperatura, si bien es cierto por fallas del diseño en estos sistemas de riego por lo que el caudal real difiere del caudal nominal (Quispe, 2017).

Es un sistema de riego es un parámetro esencial en la medida de la eficiencia de nuestro sistema de riego, si el agua en no se distribuye homogéneamente, habrá zonas que reciban menos cantidad de agua que otras y para compensar esta situación, el sistema tiene que estar más tiempo regando con lo que ello implica (Constante, 2012).

Una uniformidad por encima del 90% se considera magnífica, entre un 75% y un 90% es una uniformidad que permite trabajar si bien no es un valor ideal y conllevará gastos extra, por debajo del 70% no es en absoluto aconsejable.

### **1.7 Área adecuadamente regada**

El área adecuadamente regada serán los resultados de los caudales colectados que indicarán la presión de operación y el porcentaje de sus PSI (Camposano O. ,2015).

### **1.8 Factor de adecuación de riego**

La energía requerida para la captación y distribución del agua, los sistemas de riego pueden ser clasificados en:

- ✓ Gravedad: El agua es captada y se distribuye contando con la energía generada por el diferencial de altura que va entre el punto de captación y el área de regadío.
- ✓ Energía motriz: El nivel del agua está por debajo del nivel del área de regadío o a una altura insuficiente para distribuirse con la presión deseable. En estos casos el agua es captada y distribuida utilizando energía producida por un sistema de bombeo, impulsado por un motor a combustible o eléctrico, ariete, bomba eólica o manual.
- ✓ Sistema mixto: Esta dependerá de la ubicación de la fuente de agua y el área de regadío, es posible combinar dos sistemas anteriores, de manera que puede captar y elevar el agua mediante energía motriz y distribuirla por gravedad o viceversa.
- ✓ Aspersión: El agua es distribuida a través de aspersores, los cuales producen gotas de agua de diferentes tamaños, imitando una precipitación natural (Ortiz, 2016).

## **1.9 Tipos de Aspersores**

Los aspersores no son más que dispositivos previstos de una tobera que convierte la energía potencial en energía cinética, mientras mayor sea la presión existente en el aspersor mayor será el caudal emitido y el radio de cobertura del aspersor (Marin, 2021).

Existen además diferentes tamaños de boquillas para un mismo aspersor lo que facilita el manejo del cultivo de acuerdo al estado de desarrollo ya que cada boquilla determina el caudal emitido y su alcance (Cárdenas, 2016).

Los aspersores se los pueden clasificar de acuerdo a la variación de presión en:

- Presión Alta: 70-140 PSI 15-400 gpm
- Presión Media: 30-70 psi 02 – 20 gpm
- Presión Baja: 10 – 30 psi 0.5 – 2 gpm

## **1.10 Evaluación del sistema de aspersión estacionario**

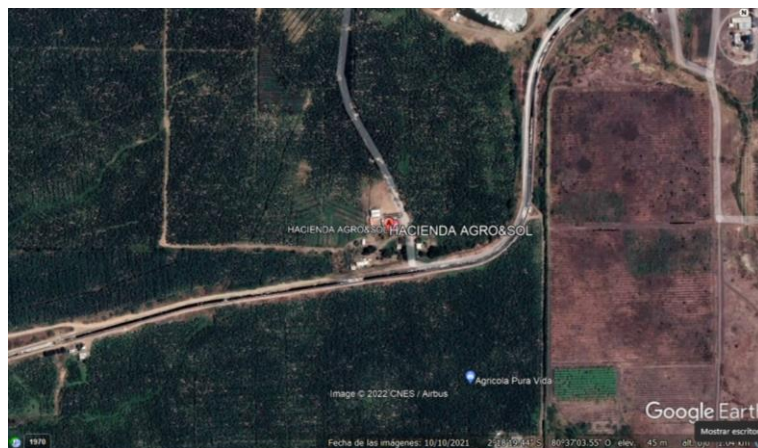
Son aquellos en que los aspersores permanecen fijos durante el riego. La evaluación a que nos referiremos únicamente contempla el proceso de aplicación de agua por el sistema, no considerando los aspectos de manejo que regulan la adecuación del riego en cuanto al momento y volumen a aportar.

La importancia de la evaluación hidráulica en los sistemas de riego por aspersión fijo es muy importante realizar una evaluación recién finalizada de la instalación; se comprobará así que las prestaciones en cuanto a su capacidad de aportar una cantidad de agua con una determinada uniformidad coinciden con lo proyectado (Teruelo, 2014).

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1 LUGAR DE ENSAYO

El estudio se realizó en la hacienda Agro&Sol Agrícola Krasnaya, comuna él Azúcar provincia de Santa Elena, ubicada en el km 41 de la vía Guayaquil cuyas coordenadas son geográficas WGS84 referenciales son: latitud -2.2815890, longitud – 80.6266680, altitud 53 msnm. La superficie total abarca 400 ha, tomando en cuenta como fuentes principales actividades agronómicas, en la siguiente imagen se observará la zona de levantamiento de información.



**Figura 1.** Ubicación donde se realizó el estudio (Imagen Google Earth, 2022)



## **2.2 MATERIALES**

Se realizó el levantamiento de información tomando en cuenta los siguientes materiales y equipos:

- Tacho de 20 litros
- 1 manguera
- Adaptador macho de 1/2
- tarrinas
- teflón

## **2.3 EQUIPOS**

- Manómetro
- Probeta
- Cronómetro
- Cámara
- Cuaderno
- Esferos
- Pitot

## **2.4 METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN**

Mediante la investigación cuantitativa (recopilación y análisis de datos), se estableció la factibilidad para el estudio de evaluación de un sistema de riego por aspersión estacionario en el cultivo de banano.

Se tomó 6 aspersores cada uno a 12 metros de distancia, entre ellos se colocó 32 vasos pluviométricos y se evaluó la lámina recogida por los pluviómetros.

## **2.5 MANEJO DE EVALUACIÓN**

### **2.5.1 Elementos que integran un sistema de riego por aspersión**

Para optimizar el buen aprovechamiento de agua por medio de un sistema de riego por aspersión apropiado se consideró los siguientes elementos (Gonzalez, 2016).

- Reservorio
- Canal principal
- Sedimentadores
- Canales de drenaje
- Motor
- Regulador
- Hacienda
- Tuberías
- Empaques
- Accesorios necesarios
- Aspersores: medio giro y giro completo
- Unidad de bombeo (bomba y motor)
- Bodegas
- Fuente de suministro de energía
- Accesorios disponibles de riego

-Mano de obra

La manera adecuada que interviene cada elemento de sistema de riego en el campo debe de ser para su funcionamiento óptimo, partiendo que el ingeniero de campo debe tener los conocimientos necesarios y una forma adecuada para recomendar el uso y manejo de herramientas que harán los trabajadores.

### **2.5.2 Presión de emisores**

Para el trabajo que se realizó se utilizó un tensiómetro que se colocó a la salida de la boquilla de los aspersores de las unidades evaluadas de riego.

El tensiómetro se lo colocó en 10 unidades de riego, para sacar la presión media se tuvo que escoger la presión máxima y mínima.

## **2.5 EVALUACIÓN DE LOS COMPONENTES DE LA INSTALACIÓN**

A medida que avanza los años el método de riego ha mejorado, el diseño e instalación de riego por aspersión influye muchos aspectos de costos y métodos empírico también tener en cuenta la potencia de la bomba, caudales, diámetros de tubería, pérdida de carga en fin por eso es necesario tener en cuenta que tenga un excelente funcionamiento de riego.

La aplicación en sí no solo se basa por la buena aplicación de agua sino también por un correcto diseño por eso es importante tener en cuentas los componentes adecuados a instalar (Caicedo Camposano, 2015).

## **2.6 EVALUACIÓN DE UNIFORMIDAD DE RIEGO**

El módulo que se evaluó está formado por 65 aspersores con tuberías PVC de 90 mm, 63mm con tapones y cruceta de 90 mm, el motor de 250 HP Bomba Aurora 16 Bar con 2200 galones/min este motor trabaja con 9 a 10 módulos.

Cuando empezó el riego estuvo colocado los vasos pluviométricos formando una malla de 3x3 metros entre cada dos ramales que acumularán agua de 6 aspersores durante 90 min de riego, luego se procedió a medir el volumen de cada vaso por medio de una probeta graduada en unidades de 250 ml (Apaza, 2016).

La uniformidad del riego se caracteriza por cubrir el área a regar, de manera que la uniformidad suele ser afectada por ciertos factores como la velocidad del viento, caudal del emisor, presión de operación, etc (Giandrelly, 2018).

La evaluación tuvo como objetivo comprobar el coeficiente de uniformidad de la unidad de riego (CU), por lo cual primero se calculará la unidad seleccionada en la dicha zona (CU zona). Es habitual considerar que el coeficiente de uniformidad de la unidad es similar al de la zona, aunque existe un procedimiento en el que es preciso medir presiones además de caudales para calcular CU con precisión.

## 2.7 LÁMINA RECOGIDA POR LOS PLUVIÓMETROS

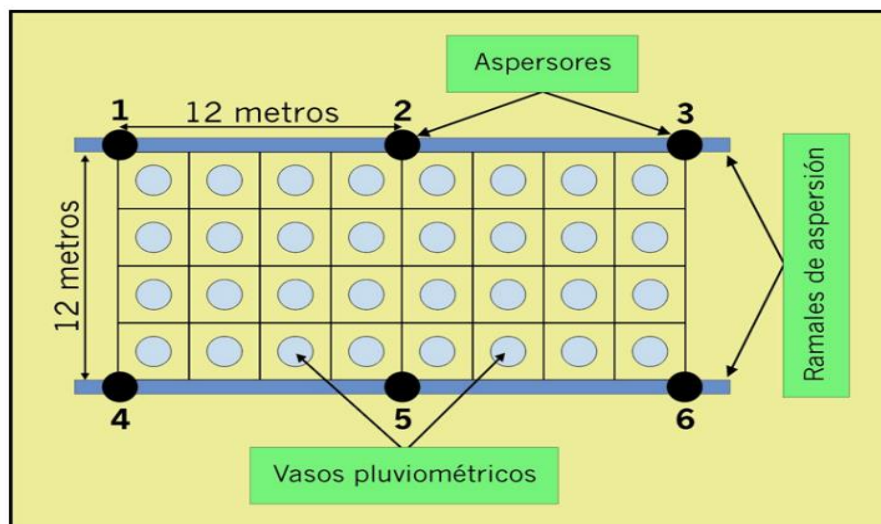
La evaluación de la lámina recogida por los pluviómetros colocados en los aspersores fue a través de los siguientes pasos:

En primer lugar, se calculó el área de la embocadura de los vasos

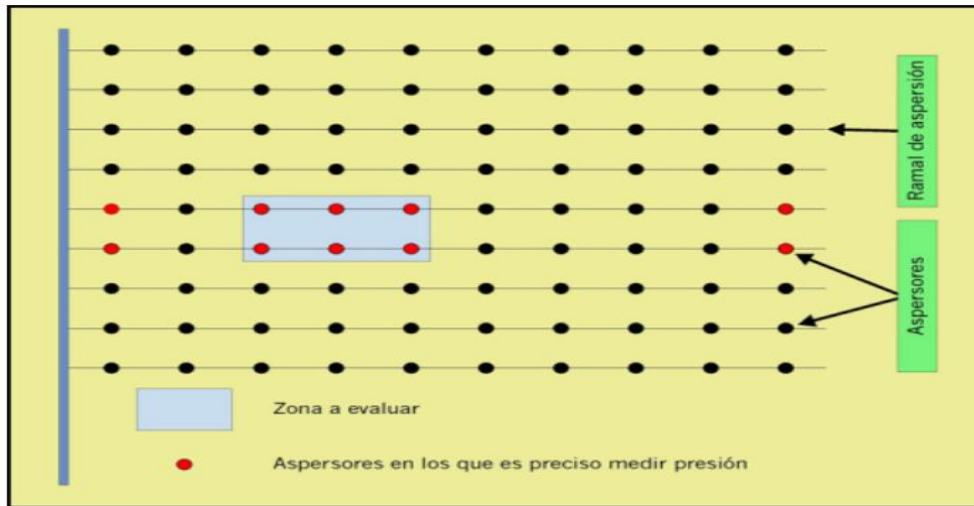
$$A = \pi * \frac{D^2}{4}$$

En segundo paso a proceder será la lámina recogida en los vasos estos se calculó con la siguiente formula:

$$L(\text{mm}) = \frac{\text{Volumen medio recogido (cm}^3\text{)}}{\text{Área de la boca de los vasos (cm}^3\text{)}}$$



**Figura 2.** Evaluación de uniformidad de riego.



**Figura 3.** Indica la zona que se evaluó donde estuvieron ubicados los aspersores.

## 2.8 COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD DE CHRISTIANSEN

El coeficiente de uniformidad de Christiansen debe tener valores aceptables de un 80% esto se reflejara en una manera correcta en la aplicación y distribución de agua en el área a regar ya que esto nos permitirá el uso adecuado de agua a utilizar aumentando o subiendo el nivel de productividad debido a que los cultivos que están instalados reciban la cantidad de agua necesaria y que esté de acuerdo a sus necesidades hídricas que el cultivo demanda, se debe analizar ciertas operaciones en el riego sus condiciones reales para considerar su variabilidad al parámetro hidráulico (Rojas D. , 2018).

La uniformidad siempre dependerá del viento y las condiciones atmosféricas, por lo que además es necesario siempre anotar la temperatura ya sea sólo alrededor de la dirección y velocidad del viento, así mismo como el día y la hora en que la que se está realizando la evaluación. El cálculo del coeficiente de uniformidad se realizó en base al criterio de la fórmula de Christiansen (desarrollado en 1942). Es una representación estadística de manera que la uniformidad fue utilizado principalmente en los sistemas de aspersión; es el parámetro de uniformidad que más se utiliza (Basso, 2008).

El coeficiente de Christiansen se evaluó de la siguiente manera:

$$\text{CUC} = 1 - \frac{\sum_{i=1}^N |Y_i - \bar{Y}|}{NY}$$

- $\sum_{i=1}^N |Y_i - \bar{Y}|$  esta será la suma del valor absoluto de las desviaciones de las observaciones individuales.
- N es el número de observaciones (Christiansen 1942).

Con los volúmenes que se ha recogido en el campo se calculó:

- En primer lugar, la media de todos los volúmenes medidos en cada uno de los vasos ubicados en los aspersores ( $V_m$ ).
- Como segundo lugar se procedió a calcular la media de los volúmenes medidos en la cuarta parte de los vasos que han recogido menos agua ( $V_{25\%}$ ).
- Y por último la Uniformidad de Distribución de la zona evaluada (CUD zona) esto se obtuvo utilizando la siguiente fórmula de (Keller y Karmeli 1974).

$$CUD = 100 * \frac{q_{25}}{\bar{q}}$$

CU= Es el coeficiente de uniformidad (aplicación)

$q_{25}$ = Es el caudal medio del 25% de los emisores de menor caudal (l/h)

$q$ = Es el caudal medio (l/h) (Keller y Karmeli 1974)

## 2.9 UNIFORMIDAD DE LA INSTALACIÓN

El caudal de cada aspersor cambiará con la presión. La diferencia entre presiones en toda la unidad de riego será mayor que la que ya está entre los aspersores de los cuales se ha recogido por el agua. Por esto, la uniformidad en el conjunto de la unidad de riego (UD) será por regla general menor que la medida en la zona evaluada (UD zona).

- Como primer punto se procedió a calcular la presión mínima de las que se han medido en los aspersores ( $P_{min}$ ) en Kg/cm<sup>2</sup>.
- En segundo se calculó la media de las presiones medidas en todos ellos ( $P_m$ ) en Kg/cm<sup>2</sup>.

- Como último punto una vez establecidos los valores de Pmin y Pm se calculó la UD mediante la siguiente fórmula a continuación:

$$UD = CUD * \frac{1 + 3 * \sqrt{\frac{P_{min}}{P_m}}}{4}$$

Si se va a medir la presión en un número bastante suficiente en los aspersores, como, por ejemplo, en 10 nuestra presión media será la media de las presiones que se han medido. En ramales sin pendiente, midiendo sólo la presión en el primer (presión máxima, Pmax) y en el último aspersor (presión mínima, Pmin) se puede valorar la presión media como:

$$P_m = \frac{2 \cdot P_{min} + P_{max}}{3}$$

En un sistema de riego el parámetro fundamental en la medida de la eficiencia sería que, si el agua no se distribuye de manera homogénea, habrá ciertas zonas que recibirán menos cantidad de agua y otras que para compensar la situación, el sistema tiene que estar mucho más tiempo regando con todo lo que conlleva e implica (Basso, 2008).

Una uniformidad por encima del 90% se considera magnífica, entre un 75% y un 90% es una uniformidad que permite trabajar si bien no es un valor ideal y sobrellevará gastos extra, por debajo del 70% no es en absoluto aconsejable.

**Tabla 1.** Demostración de los valores de la uniformidad de distribución.

<b>Valor de la uniformidad de la distribución</b>	<b>Clasificación</b>
Mayor de 85 %	EXCELENTE
De 80% a 85%	BUENA
De 75% a 80%	ACEPTABLE
Menor de 75%	INACEPTABLE

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 3 RESULTADOS

#### 3.1.1 Lámina acumulada por los pluviómetros.

Las precipitaciones caídas mediante un punto determinado en cualquier recipiente, la unidad de medida adecuada será el milímetro. El recipiente de medida no influye en la altura de la lámina de agua recogida.

La lámina recogida es el agua que se acumulo en cada vaso pluviométrico en los 90 min de riego, mientras que la lámina recolectada es la media de todos los volúmenes medidos en el campo de cada uno de los vasos.

El almacenamiento de agua acumulada por los pluviómetros y los datos se ubicó en la tabla 2, donde se encuentran los volúmenes recopilados.

#### 3.1.2 Cálculo de Lámina de agua.

Se hizo un cálculo en el área de la embocadura de los vasos para poder tener el resultado adecuado de manera que tenemos con la siguiente fórmula paso a paso:

$$A = \pi * \frac{D^2}{4}$$

$$A = 3,1416 * \frac{(13)^2}{4}$$

$$A = 132.73 \text{ cm}^2$$

Luego se procedió como segundo punto a calcular la lámina recogida en los pluviómetros (tabla 2), esto se realizó con una probeta juntando el agua recogida durante los 90 min de riego, a continuación, se procedió con la siguiente formula:

$$L(\text{mm}) = \frac{\text{Volumen medio recogido (cm}^3\text{)}}{\text{Área de la boca de los vasos (cm}^2\text{)}}$$

$$L(\text{mm}) = \frac{80 \text{ (cm}^3\text{)}}{\quad}$$



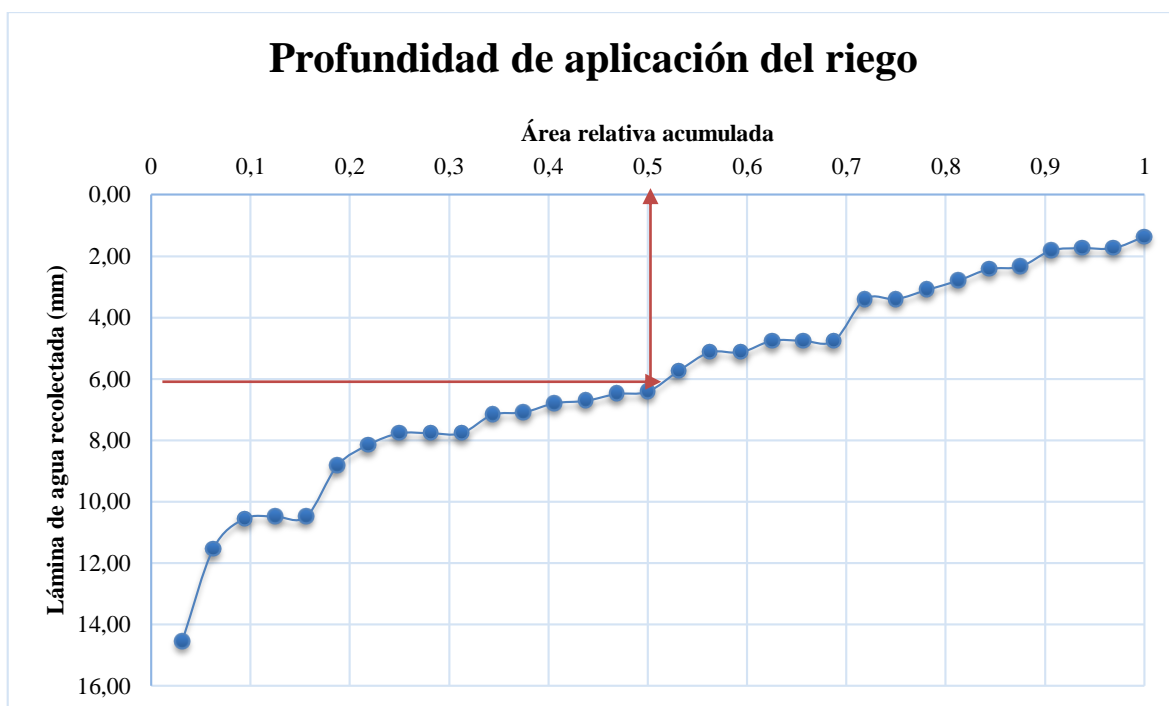
132,73(cm<sup>2</sup>)

$$L(\text{mm}) = 6,02 \text{ mm}$$

En la lámina de agua promedio recolectada es de 6,02 mm de agua de riego para el cultivo teniendo en cuenta que esto es importante ya que el agua es indispensable para la producción agrícola.

La uniformidad de aplicación del equipo de riego es importante ya que influye mucho en las necesidades que requiere el cultivo, la cantidad de agua que debe ser aplicada durante el riego con el fin de cubrir el agua que ha utilizado el cultivo durante la evapotranspiración. (Prieto, 2016)

En la tabla 2 se muestra la lámina de agua aplicada donde se observó que es un área bien sobre regada en el punto señalado. Se observó en el mismo un área subirrigada esto se debe al mal diseño del sistema de riego de la finca y conlleva que no permita de manera adecuada tener buenos rendimientos en los funcionamientos de riego por aspersión.



#### **Figura 4.** Profundidad de aplicación de riego.

Se obtuvo que el agua no se distribuye homogéneamente, habrá zonas que reciban menos cantidad de agua que otras y para compensar esta situación, se tendrá que dejar regar el lote con más tiempo.

Por otra parte, en la figura 4 se aprecia que la lámina de agua recolectada durante la prueba muestra profundidades diferentes generando un área muy regada del 50% y otra con menor humedad en porcentaje igual, el área regada es un parámetro que permite identificar si se está realizando de manera adecuada el riego (Jiménez et al. 2012).

#### **3.1.3 Coeficiente de uniformidad de Christiansen.**

El cálculo del coeficiente de uniformidad se hizo a través del criterio de la fórmula de Christiansen en donde se realizaron los siguientes cálculos tomados de la lámina aplicada, el número de pluviómetros utilizados en el campo y la desviación.

Se colocó entre 6 aspersores 32 pluviómetros, los datos en total de la lámina recogida fue 6,02 y la desviación 84,197.

Se considera importante destacar el resultado del Coeficiente de Uniformidad de Christiansen que fue el 56,29 % lo que indica en los parámetros de clasificación de desempeño del sistema de riego por aspersión que es inaceptable porque está debajo del 80% de desempeño. El comportamiento de los valores de CUC se debe a partes sin irrigar por un mal sistema de riego (Bernardo et al., 2006).

Según Christiansen considera que un coeficiente de uniformidad aceptable serán los valores que estén por encima del 80% reflejando el resultado de una manera correcta en la aplicación y distribución del agua en el área que se está regando, esto nos permite el uso más eficiente del agua disponible maximizando la producción debido a que los cultivos que ya están instalados reciban la misma cantidad suficiente de agua de acuerdo a sus necesidades hídricas que estos adquieren (Rojas D. , 2018).

**Tabla 2.** Cálculo para el coeficiente de uniformidad.

<b>Pluviómetro</b>	<b>Lámina recogida</b>	<b>Desviaciones</b>	<b>Lámina recolectada</b>	<b>Pluviómetros q25</b>	<b>Volumen</b>
1	8,14	2,12	19,43		
2	6,41	0,38	15,40		
3	2,34	3,69	14,09		
4	14,55	8,52	13,99		
5	6,71	0,69	13,99		
6	7,76	1,74	11,78		
7	1,81	4,21	10,87		
8	1,73	4,29	10,37		
9	4,75	1,27	10,37		
10	3,09	2,93	10,37		
11	1,36	4,67	9,56		
12	4,75	1,27	9,46		
13	6,78	0,76	9,06		
14	6,48	0,46	8,96		
15	2,41	3,61	8,66		
16	2,79	3,23	8,56		
17	1,73	4,29	7,65		
18	3,39	2,63	6,84		
19	8,82	2,80	6,84		
20	7,76	1,74	6,34		
21	4,75	1,27	6,34		
22	5,73	0,29	6,34		
23	5,13	0,90	4,53		
24	3,39	2,63	4,53		
25	5,13	0,90	4,13		4,13
26	7,16	1,14	3,72		3,72
27	7,09	1,06	3,22		3,22

28	10,55	4,53	3,12		3,12
29	11,53	5,51	2,42		2,42
30	10,48	4,45	2,32		2,32
31	10,48	4,45	2,32		2,32
32	7,76	1,74	1,81		1,81
Promedio general	6,02 mm	84,197	8,04 mm	<b>Promedio</b>	2,881 L
				<b>q25%</b>	
			<b>CUD</b>	35,83%	

$$CUC = 1 - \frac{\sum_{i=1}^N |Y_i - \bar{Y}|}{NY}$$

$$CUC = 1 - \frac{84,197}{32 * 6,02} = 56,29\%$$

En el cuadro refleja los parámetros de clasificación desempeñados en los sistemas de riego por aspersión, con base a los coeficientes de uniformidad de Christiansen (CUC).

**Tabla 3.** Parámetros de clasificación de desempeño de sistema de riego por aspersión.

	<b>EXCELENTE</b>	<b>BUENO</b>	<b>RAZONABLE</b>	<b>MALO</b>	<b>INACEPTABLE</b>
CUC	>90	80-90	70-80	60-70	<60

Bernardo *et al.* (2006).

El coeficiente de uniformidad señala que está muy debajo del 80% de desempeño que sería sumamente inaceptable ya que el sistema de riego que se utiliza en la hacienda no es un parámetro adecuado para el cultivo que se está regando ya que no cumple con lo establecido por Christiansen.

Para una buena distribución de agua sobre el área irrigada, los aspersores se deben espaciar para obtener una superposición entre los perfiles de distribución de agua de los aspersores a lo largo de la línea lateral y entre líneas laterales a lo largo de la línea principal, lo cual dependerá del tipo de aspersor y de la intensidad del viento (Bernardo *et al.*, 2006).

### 3.1.4 Cálculo de la media de los volúmenes y uniformidad de distribución.

Se ha procedido hacer el cálculo de la media de todos los volúmenes medidos en el campo de cada uno de los vasos ( $V_m$ ).

En segundo se calculó la media de los volúmenes medidos en la cuarta parte de los vasos que han recogido menos agua que este sería el ( $V_{25\%}$ ).

Y por último la Uniformidad de Distribución de la zona evaluada (CUD zona) que se obtuvo utilizando la siguiente fórmula de Keller y Karmeli (1974):

$$CUD = 100 * \frac{q_{25}}{\bar{q}}$$

$$CUD = 100 * \frac{2,881}{8,04}$$

$$CUD = 35,83\%$$

En los parámetros de clasificación de la uniformidad de la instalación establece que:

**Tabla 4.** Clasificación de la uniformidad de instalación

	<b>EXCELENTE</b>	<b>BUENO</b>	<b>RAZONABLE</b>	<b>MALO</b>	<b>INACEPTABLE</b>
CUD	>84	68-84	52-68	36-52	<36

Bernardo *et al.* 2006.

El resultado en la uniformidad de instalación se dio un 35,83% que en el parámetro establecido por Christiansen sería inaceptable ya que el valor obtenido es menor de <36.

Bajo valores de CUC y CUD pueden deberse a diseños incorrectos en los sistemas de riego ya que esto limita el desempeño y funcionamiento óptimo de manera adecuada (Buendía *et al.* 2004.).

### 3.1.5 Cálculo de uniformidad de la instalación.

- Se procedió a calcular la uniformidad de la instalación para ello primero se debió calcular la presión mínima de las que se han medido en los aspersores señalados ( $P_{min}$ ) en Kg/cm<sup>2</sup>.
- Como segundo punto se calculó la media de las presiones medidas en todos estos ( $P_m$ ) en Kg/cm<sup>2</sup>.
- Y como último punto ya una vez establecido los valores de  $P_{min}$  y  $P_m$  se calculó la UD mediante la siguiente fórmula:

$$P_m = \frac{2 \cdot P_{min} + P_{max}}{3}$$

$$P_m = \frac{2 \cdot (20) + (43)}{3}$$

$$P_m = 27,66 \text{ psi}$$

$$UD = CUD * \frac{1 + 3 * \sqrt{\frac{P_{min}}{P_m}}}{4}$$

$$UD = 35,83 * \frac{1 + 3 * \sqrt{\frac{20}{27,66}}}{4}$$

$$UD = 31,80\%$$

Al contrastar los coeficientes calculados se verificó que el CUD es muy sensible a las variaciones de la distribución de agua de un sistema de riego por aspersión. (Rodríguez, 2013), dice que siempre la calidad del riego va a ser evaluada en base a los indicadores de desempeño como eficiencia y uniformidad, mediante los índices de su productividad de agua que se relacionen en el rendimiento de los cultivos y el valor que esto conlleva en lo económico de la producción por unidad de lámina de agua aplicada o consumida por el cultivo.

Para las condiciones del resultado en el estudio y con el fin de tener los valores adecuados de CUC para el sistema de riego por aspersión (>80%), en estas se obtuvieron como resultado el 56,29% que no es adecuado, un buen resultado de CUC se refleja en un buen diseño del riego por aspersión teniendo valores prósperos para el cultivo y su buen rendimiento (Bernardo *et al.* 2009).

## **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### ***Conclusiones***

- El método de Christiansen ayuda a tener valores directos de CUC y CUD, el estudio realizado indica una variación con respecto a que el porcentaje de uniformidad es sumamente inaceptable
- La calidad de riego es inaceptable, ya que el coeficiente y los factores a evaluar indica una deficiencia de desempeño totalmente bajo los rangos establecidos por Christiansen en el lugar de estudio.

### ***Recomendaciones***

- Recomiendo que bajo los valores previstos de la evaluación del sistema de riego por aspersión estacionario se tome medidas de corrección para que no limite el desempeño y funcionamiento de la empresa ya que esta posee una de las mejores exportaciones que ofrece el Ecuador a nivel mundial.
- Recomiendo que se observen las áreas que están sobre regada para verificar que no haya asfixia radicular o pudrición de raíz por el exceso de agua acumulada.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

### BIBLIOGRAFÍA

- Agnellos, A. (2013). *Eficiencia de aplicación de agua en la superficie del perfil del suelo*.
- Apaza, G. (2016). Evaluación de la uniformidad de un sistema presurizado de riego. *Revista de investigación e innovación agropecuaria y de recursos naturales, III*, 1-5
- Balmaseda, C. (2015). Evaluación hidráulica del riego por aspersión subfoliar en el cultivo de banano (*Musa Paradisiaca*) en la finca San José 2, provincia de Los Ríos Ecuador. *Revistas Ciencias Técnicas Agropecuarias*.
- Basso, C. (2008). Evaluación de la uniformidad del riego y efecto del fertirriego nitrogenado en un huerto de lechosa (carica papaya L). Cartagena.
- Bernis, F. (2017). *Coeficiente reductor de Christiansen diseño de un riego por aspersión*.
- Caicedo Camposano, O. (Marzo de 2015). *s.cielo*. Obtenido de *s.cielo*.
- Camposano, A. (2015). Introducción del riego por aspersión .
- Camposano, O. (2015). *Estudio de los indicadores de calidad de un sistema de riego por aspersión*.
- Cárdenas, A. (2016). *Estudio de indicadores de calidad de riego*.
- Constante, R. (2012). *Agricultura-Uniformidad de riego*.
- Démin, P. (2014). Evaluación por métodos de aspersión.
- Fernández, R. (2010). *Manual de Riego para Agricultores* (tercera ed.). Sevilla: Consejería de Agricultura y Pesca.
- Fernández, R. (2015). *Riego por aspersión consejería agricultora y pesca*.
- Flórez, N. (2013). Eficiencia de aplicación de agua en la superficie y en el perfil del suelo en un sistema de riego por aspersión. México.
- Giandrelly. (2018). *Uniformidad de riego por aspersión de Cristhiansen*.

- González, M. (2016). *Evaluación del sistema de riego en la investigación agropecuaria* .
- Gutiérrez, M. (2016). *Evaluación del sistemas de riego en el cultivo de investigación agropecuaria*.
- Holzapfel, E. (2007). *Análisis técnico- económico para selección de aspersores*. Chile.
- M, P. (2009). Eficiencia de aplicación de agua en la superficie y en el perfil del suelo en un sistema de riego por aspersión. *Agricultura Irrigada*(4), 48-54.
- Marin, N. (2021). *Efecto de las láminas de riego en el rendimiento del pasto buffer (Cenchrus ciliaris. L) en Río Verde provincia de Santa Elena*. Santa Elena.
- Miranda, A. (2015). *Variabilidad de lámina de agua de un sistema de riego* .
- Morcillo, J. (2019). *Aplicación de aspersores para un cultivo determinado en áreas reservadas*.
- Morcillo, M. (2019). *Tipos de aspersores y sus características*.
- Ortiz, A. (2016). *Centros de estudios e investigación área agrogeodesica*.
- Prieto, J. (2016). Evaluación de la uniformidad de aplicación en equipos de riegos presurizados .
- Quispe, J. (2017). *Asociación agricultora consejería (manual de riego)*.
- Rodríguez, D. (2013). Eficiencia de aplicación de agua en la superficie y en el perfil del suelo en un sistema de riego por aspersión. *Agrociencia*, 47.
- Rodríguez, Daniel. (2013). Eficiencia de aplicación de agua en la superficie y en el perfil del suelo en un sistema de riego por aspersión. *scielo*.
- Rojas, D. (2018). *Evaluación del coeficiente de uniformidad de Christiansen en riego por aspersión con línea lateral unitaria en el distrito Huambo, provincia cayllom, región arequipa*.
- Rojas, D. (2018). *parámetros hidráulicos*.

- Rojas, P. (2018). *Aplicación de un método de riego por aspersión a utilizarse en necesidades requeridas.*
- Sevilla, A. (2017). *Manual de riego para agricultores.*
- Suárez, L., y Ortega, A. (2010). *Diseño de un sistema de riego para las áreas verdes de la Universidad Estatal Península de Santa Elena.* Santa Elena.
- Tandazo, C. (2015). *Riego estacionario.*
- Tarjuelo, A. (2014). *Evaluación de riego estacionario agricultura y aplicación .*

## ANEXOS



**Anexo 1.** Recolectando datos en los aspersores.



**Anexo 2.** Verificando datos.



**Anexo 3.** Manómetro marcando



**Anexo 4.** Tacho de 20 litros 20 PSI.







**Anexo 9.** Probeta para recoger los volúmenes.



**Anexo 10.** Pluviómetros.



**Anexo 11.** Pluviómetros cada 3 metros.



**Anexo 12.** Verificando agua recogida.

