

**INFORME FINAL DE INVESTIGACIÓN**

**DISEÑO DE SISTEMA MULTIPLATAFORMA  
INNOVADOR PARA EL MONITOREO Y  
CONTROL DE VARIABLES  
MICROAMBIENTALES DE UN  
INVERNADERO Y UNA ESTACIÓN  
ACUÍCOLA, APLICANDO E-AGRICULTURA**

**PROPUESTA PARA LA ESCUELA NACIONAL  
DE AGRICULTURA, ENA**

DOCENTE INVESTIGADOR PRINCIPAL:  
ING. ELVIS MOISÉS MARTÍNEZ PÉREZ

DOCENTE CO-INVESTIGADORA:  
INGA. RINA ELIZABETH LÓPEZ DE JIMÉNEZ

ESCUELA DE INGENIERÍA EN COMPUTACIÓN  
ITCA-FEPADE SEDE CENTRAL

ENERO 2021



**INFORME FINAL DE INVESTIGACIÓN**

**DISEÑO DE SISTEMA MULTIPLATAFORMA  
INNOVADOR PARA EL MONITOREO Y  
CONTROL DE VARIABLES  
MICROAMBIENTALES DE UN  
INVERNADERO Y UNA ESTACIÓN  
ACUÍCOLA, APLICANDO E-AGRICULTURA  
PROPUESTA PARA LA ESCUELA NACIONAL  
DE AGRICULTURA, ENA**

DOCENTE INVESTIGADOR PRINCIPAL:  
ING. ELVIS MOISÉS MARTÍNEZ PÉREZ

DOCENTE CO-INVESTIGADORA:  
INGA. RINA ELIZABETH LÓPEZ DE JIMÉNEZ

ESCUELA DE INGENIERÍA EN COMPUTACIÓN  
ITCA-FEPADE SEDE CENTRAL

ENERO 2021

### **Rectora**

Licda. Elsy Escolar SantoDomingo

### **Vicerrector Académico**

Ing. Carlos Alberto Arriola Martínez

### **Vicerrectora Técnica Administrativa**

Inga. Frineé Violeta Castillo

### **Director de Investigación y Proyección Social**

Ing. Mario W. Montes Arias

### **Dirección de Investigación y Proyección Social**

Ing. David Emmanuel Ágreda Trujillo

Inga. Ingrid Janeth Ulloa de Posada

Sra. Edith Aracely Cardoza de González

### **Directora de Escuela de Ingeniería de Computación**

Inga. Marta Corina Quijano de García

630.255 102 84

M385d Martínez Pérez, Elvis Moisés, 1977 -

slv Diseño de sistema multiplataforma innovador para el monitoreo y control de variables micro ambientales de un invernadero y una estación acuícola aplicando e-Agricultura : Propuesta para la Escuela Nacional de Agricultura ENA [recurso electrónico] / Elvis Moisés Martínez Pérez, Rina Elizabeth López de Jiménez. -- 1ª ed. -- Santa Tecla, La Libertad, El Salv. : ITCA Editores, 2021.

1 recurso electrónico (50 p. : il. col. ; 28 cm.)

Datos electrónicos (1 archivo : pdf, 6.0 Mb). –

<https://www.itca.edu.sv/produccion-academica/>

ISBN : 978-99961-39-68-0 (E-Book, pdf)

1. Climatología agrícola – Equipo. 2. Monitores ambientales – Automatización. 3. Innovaciones agrícolas. I. López de Jiménez, Rina Elizabeth, 1981-, coaut. II. Título.

BINA/jnh

### **Autor**

Ing. Elvis Moisés Martínez Pérez

### **Co Autor**

Inga. Rina Elizabeth López de Jiménez

Tiraje: 13 ejemplares

Año 2021

Este documento técnico es una publicación de la Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE; tiene el propósito de difundir la Ciencia, la Tecnología y la Innovación CTI, entre la comunidad académica, el sector empresarial y la sociedad, como un aporte al desarrollo del país. Para referirse al contenido debe citar el nombre del autor y el título del documento. El contenido de este Informe es responsabilidad de los autores.



Atribución-No Comercial  
Compartir Igual  
4.0 Internacional

Esta obra está bajo una licencia Creative Commons. No se permite el uso comercial de la obra original ni de las posibles obras derivadas, cuya distribución debe hacerse mediante una licencia igual que la sujeta a la obra original.

Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE

Km 11.5 carretera a Santa Tecla, La Libertad, El Salvador, Centro América

Sitio Web: [www.itca.edu.sv](http://www.itca.edu.sv)

TEL: (503)2132-7423

## CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN.....	4
2.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	5
2.1.	DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	5
2.2.	ANTECEDENTES / ESTADO DE LA TÉCNICA.....	5
2.3.	JUSTIFICACIÓN .....	8
3.	OBJETIVOS.....	9
3.1.	OBJETIVO GENERAL.....	9
3.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	9
4.	HIPÓTESIS.....	9
5.	MARCO TEÓRICO .....	9
5.1.	ESCUELA NACIONAL DE AGRICULTURA (ENA).....	9
5.2.	BUSINEES INTELLIGENCE (INTELIGENCIA DE NEGOCIOS) .....	10
5.3.	E-AGRICULTURA .....	11
5.4.	LORAWAN.....	14
5.5.	SENSORES DE PARÁMETROS MEDIOAMBIENTALES .....	17
5.6.	ESTANQUES ACUÍCOLAS PARA CULTIVO DE TILAPIAS .....	20
5.7.	BIG DATA .....	22
6.	METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN .....	24
6.1.	REQUERIMIENTOS DEL SERVIDOR.....	25
6.2.	CONFIGURACIÓN DEL SERVIDOR .....	26
	INSTALACIÓN Y CONFIGURACIÓN DEL CONTROLADOR DE MONGODB PARA LARAVEL .....	31
	INSTALACIÓN Y CONFIGURACIÓN DE LARAVEL CON APACHE (PRODUCCIÓN) .....	31
	INSTALACIÓN DE NODEJS.....	34
	INSTALACIÓN DE PM2.....	35
	INSTALACIÓN DEL SERVIDOR DE NOTIFICACIONES PUSH. ....	35
	INSTALACIÓN DE PROTOCOLO HTTPS.....	36
7.	RESULTADOS .....	39
7.1.	APLICACIÓN PARA EL MONITOREO Y CONTROL DE VARIABLES MICROAMBIENTALES .....	39
7.2.	DISEÑO DE BASE DE DATOS MULTIDIMENSIONAL .....	44
8.	CONCLUSIONES.....	46
9.	RECOMENDACIONES.....	47
10.	GLOSARIO.....	47
11.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	50

## 1. INTRODUCCIÓN

El uso de tecnologías de la información hoy en día se ha vuelto casi obligatorio para todas aquellas empresas, instituciones o personas que quieren innovar en sus tareas. Con el surgimiento de la industria 4.0 o también llamada industria inteligente, aparecen tecnologías tanto de comunicación, inteligencia artificial, almacenamiento en la nube, etc.

Las instituciones educativas son las primeras que deben servir de referente, tanto para la enseñanza como uso de estas tecnologías. Es por este motivo que la Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE en beneficio de la Escuela Nacional de Agricultura, ENA, unen esfuerzos para implementar el sistema telemático de monitoreo y control de variables microambientales de un invernadero y una estación acuícola, aplicando LoraWan y e-Agricultura.

Actualmente LoraWan es una tecnología innovadora en el país, de la cual únicamente existen 3 empresas que la han implementado, SVNNet, Hackerspace San Salvador y DISMATEL, con la instalación de antenas distribuidas en el área metropolitana de San Salvador.

Los objetivos de este proyecto fueron desarrollar un sistema telemático de monitoreo y control de variables microambientales para un invernadero y estación acuícola, aplicando tecnología LoraWan y e-Agricultura, en beneficio de la Escuela Nacional de Agricultura ENA. Para ello se establecieron los requerimientos funcionales para un correcto análisis y desarrollo del sistema telemático aplicando e-Agricultura y se procedió a desarrollar un software de análisis de datos por medio de Inteligencia de Negocios para una correcta interpretación de datos y toma de decisiones. Se realizó un estudio de requerimientos para la selección de las herramientas óptimas del proyecto, estableciendo Laravel como framework de desarrollo, Javascript y PHP.

La aplicación desarrollada es multiplataforma del tipo dashboard o panel de control para el monitoreo de variables microambientales, que para el caso de la estación acuícola son la temperatura del agua, el nivel de PH y el nivel de oxígeno disuelto. Para el invernadero las variables más importantes a controlar son la radiación solar, temperatura y humedad del suelo.

Lo innovador de esta herramienta es que utiliza tecnología Big Data como medio de almacenamiento, Laravel como framework de desarrollo y Business Intelligence (BI) para la parte de análisis e interpretación de datos.

Los sensores estarán ubicados dentro del invernadero y estación acuícola de la ENA, enviando datos de forma periódica para ser registrados en una base de datos Big Data multidimensional y posteriormente analizados con técnicas de Business Intelligence.

Este modelo informático fue desarrollado con metodología de e-Agricultura en base a los requerimientos obtenidos por el grupo de trabajo y personal de la Escuela Nacional de Agricultura (ENA), el cual queda listo para ser integrado con las estaciones de monitoreo cuando éstas sean implementadas y se disponga de la infraestructura de red con LoRaWAN. La implementación podría además ser ejecutada en cooperativas que estén interesadas en el uso de nuevas tecnologías en el proceso de producción de invernaderos o estaciones acuícolas. En El Salvador existen varias cooperativas y microempresarios que se dedican a este rubro, por lo que la utilización de este sistema innovador y de bajo costo les ayudaría a monitorear las variables físicas más importantes para los cultivos, a fin de incrementar su producción.

## **2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **2.1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA**

Debido al impacto generado por el cambio climático, la agricultura ha sufrido daños severos en su producción agrícola anual, lo cual ha generado un alto costo de mantenimiento y sostenibilidad. Una medida tomada para el apalancamiento de este impacto es la creación de invernaderos y siembras en entornos controlados, sin embargo, es necesario monitorear las condiciones ambientales necesarias para cada tipo de cultivo. Actualmente no se dispone de mecanismos efectivos y de bajo costo que contrarresten esta necesidad, limitando el máximo potencial de producción agrícola.

El otro caso particular es la acuicultura, la cual es una de las actividades prioritarias en el país para la generación de recursos alimenticios, además de generar empleos directos e indirectos. En El Salvador existe una gran cantidad de microempresarios que se dedican a este rubro por lo que la creación de un dispositivo de bajo costo que les ayude a monitorear ciertas variables importantes para una mejor producción sería de gran beneficio para la población.

Para el caso de estudio tenemos a la Escuela Nacional de Agricultura (ENA), la cual posee invernaderos y estaciones acuícolas ideales para nuestros objetivos planteados y sobre todo que es una institución educativa experta en el área de la agricultura. Actualmente para controlar algunas variables ambientales, son tomadas de forma manual por los mismos alumnos o personal a cargo, lo cual tiene el factor de error humano muy presente. Existen cultivos que necesitan un monitoreo constante ya que de no hacerlo se podría limitar la productividad debido a las cambiantes condiciones climáticas.

### **2.2. ANTECEDENTES / ESTADO DE LA TÉCNICA**

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), la e-Agricultura es una nueva área que promueve la agricultura sostenible y la seguridad alimentaria a través de mejores procesos para acceder e intercambiar conocimientos, mediante el uso de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC).

En El Salvador ya se está aplicando esta metodología de e-Agricultura, la cual va en beneficio tanto para la población como para el agricultor. La idea es mejorar la producción de cualquier tipo de cultivo haciendo uso de dispositivos tecnológicos. Es decir, que se pretende culturizar a las personas en la utilización de herramientas adicionales al arado, azadón, pico, etc. para preparar sus cultivos e incluso la crianza de animales.

En el año 2015 la Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE a través de la Escuela de Educación Dual y estudiantes de la carrera técnica de Mecatrónica, desarrolló en asocio colaborativo con la Escuela Nacional de Agricultura ENA, el proyecto de investigación aplicada denominado “Diseño e implementación de un sistema de riego automatizado para el desarrollo de la agricultura familiar en el marco de la seguridad alimentaria”, el cual tuvo como objetivos el estudio bibliográfico de los diferentes tipos de invernaderos, el diseño del sistema de riego automatizado y la implementación en un invernadero propiedad de la ENA, quien facilitó uno tipo Diente de Sierra y brindó la asesoría técnica para determinar las necesidades de automatización, así como para aplicar el sistema de fertirriego a diferentes cultivos.

Este es un diseño innovador de control automatizado con las características principales de medir la cantidad, duración y frecuencia del riego para volver más eficiente la producción de hortalizas. Todos los dispositivos del sistema de riego automatizado son gobernados por un Controlador Lógico Programable, PLC.

El riego programado con el PLC, hace posible establecer la duración y cantidad de riegos definidos por las condiciones del suelo, temperatura o estado del cultivo. Esta condición puede ser definida por el agrónomo encargado dependiendo del tipo de hortaliza. Adicionalmente para aplicar un producto al cultivo o realizar un riego fuera de lo programado, es posible ordenar un riego inmediato a través de la opción de riego manual.

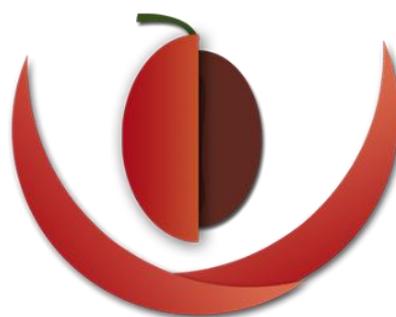
Algunos ejemplos de proyectos de aplicación de e-Agricultura son:

### Sistema de alerta temprana para el cultivo de café (SATCAFE)

Desarrollada por la FAO en 2013, es un sitio web que está disponible para toda la región. En promedio está siendo utilizado por unas 1,500 fincas cafetaleras en Belice, Nicaragua, El Salvador y República Dominicana. [1]

Dentro del portal, se ofrece información detallada y ordenada de la temperatura, nivel de precipitación, velocidad del viento y condiciones favorables para el control del cultivo de café.

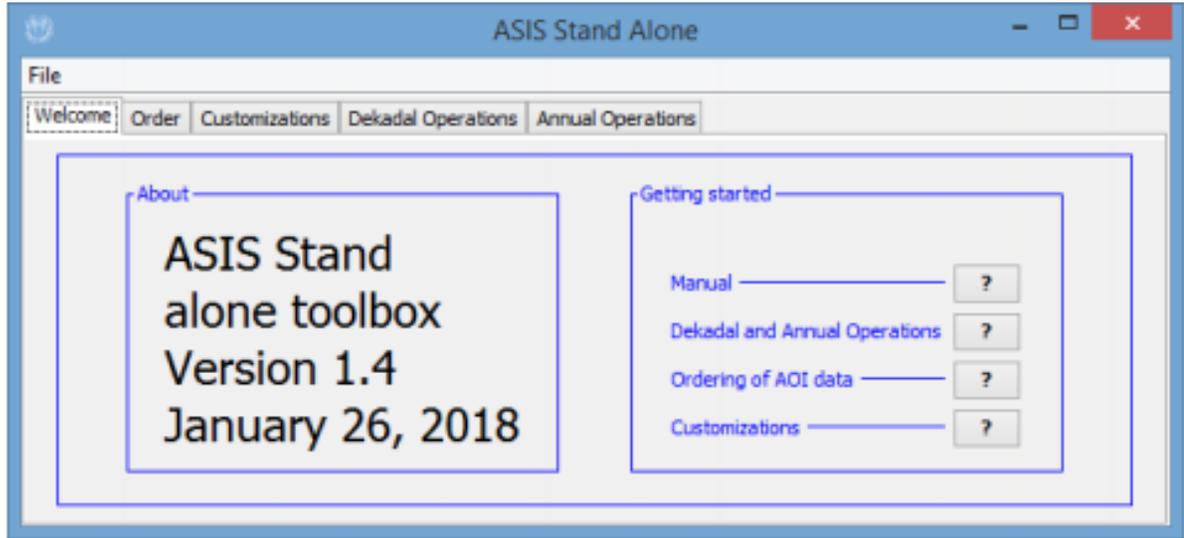
Sitio web: <http://siatma.org/satcafe.php>



### Sistema del Índice de Sequía Agrícola – ASIS País

El Sistema del Índice de Sequía Agrícola (ASIS, por sus siglas en inglés) es una herramienta desarrollada a nivel global por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), con el apoyo de la Unión Europea (UE) a través del programa de mejora de la gobernanza mundial para la reducción del hambre.

La herramienta ASIS tiene como objetivo detectar, con el empleo de datos satelitales, aquellas áreas agrícolas con alta probabilidad de sufrir estrés hídrico – sequía. Existe una versión ASIS País que añade nuevas funcionalidades con capacidad de adaptarse a las condiciones locales de determinada región o país, lo que permite monitorear la sequía agrícola a escala regional, nacional o subnacional utilizando datos personalizados de cobertura de la tierra, unidades administrativas y fenología de cultivos.



Fuente: <http://www.fao.org/3/ca2247es/CA2247ES.pdf>

## Agrio - Agricultura Inteligente

Agrio es una solución móvil desarrollada por la empresa Saillog Ltd., está basada en inteligencia artificial, la cual ayuda a identificar y tratar las enfermedades y plagas de las plantas. La aplicación permite subir imágenes del cultivo a la nube. Desde ahí, puede ser compartida con el equipo de expertos o enviada al algoritmo de inteligencia artificial para la identificación automática de la enfermedad.

La respuesta se envía en pocos minutos si hay una conclusión. Además, el equipo de expertos puede compartir su opinión en base a las imágenes cargadas y ayudarlo a decidir cómo tratar la enfermedad.

Fuente:

<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.agrio>



## Plantix - Doctor de cultivos

Plantix es un médico de plantas de bolsillo virtual desarrollado por PEAT GmbH en Android para agricultores y todos aquellos que trabajan con cultivos comestibles como frutas, verduras y otros cultivos.

Las redes de Plantix, impulsadas por un sistema de inteligencia artificial, analizan la imagen tomada con el celular y proporcionan un diagnóstico instantáneo sobre la patología de la planta y las formas de tratarla.

Fuente:

<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.peat.GartenBank>



Así mismo tenemos otro tipo de actividades en el país orientadas a la implementación de tecnología al sector agrícola, tal como el **Primer congreso de Big Data en la Innovación Agrícola**, desarrollado en diciembre de 2019 por medio de la Secretaría de Innovación de la Presidencia de la República, la FAO, la Agencia Italiana de Cooperación para el Desarrollo AICS y el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología CONACYT. El objetivo de este evento fue mostrar las tendencias internacionales, en su aplicación y potencialidades para la modernización de los procesos productivos agrícolas y agroindustriales. [2]

### 2.3. JUSTIFICACIÓN

Los procesos agrícolas del país son en su mayoría llevados de forma manual y con la intervención al 100% del ser humano. Viéndose estos limitados y en algunas ocasiones con imprecisiones en la toma de las medidas de las variables necesarias para la buena administración de los mismos. No contar con el registro y control sistematizado de las variables ambientales provoca pérdidas debido a que los cultivos no alcanzan su máximo potencial si no se dispone de las condiciones adecuadas dentro del invernadero o estanque acuícola.

Es por esto que con este proyecto se pretende ayudar al sector agrícola proporcionando una herramienta que automatice la toma de medidas de variables microambientales como humedad relativa, temperatura, radiación, nivel de Ph en el agua y oxígeno disuelto y que estas a su vez sean fiables y oportunas, transmitiéndolas bajo la tecnología de comunicación LoRaWan, las cuales serán almacenadas en una base de datos Big Data para su posterior análisis e interpretación, lo que beneficiará en gran medida al sector para tomar decisiones que ayuden a incrementar la productividad tanto de un invernadero como de un estanque acuícola y por consecuencia elevar la productividad del país a nivel regional.

Este sistema de e-Agricultura podría ser aplicado por cooperativas de cultivos acuícolas y microempresarios agrícolas, para quienes la utilización de este sistema innovador y de bajo costo les ayudaría a monitorear las variables físicas más importantes para los cultivos, a fin de incrementar su productividad y alcanzar mayores niveles de producción y comercialización.

### 3. OBJETIVOS

#### 3.1. OBJETIVO GENERAL

Desarrollar un sistema telemático de monitoreo y control de variables microambientales para un invernadero y estación acuícola, aplicando tecnología LoraWan y e-Agricultura. En beneficio de la Escuela Nacional de Agricultura ENA.

#### 3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 1) Establecer requerimientos funcionales para un correcto análisis y desarrollo del sistema telemático aplicando e-Agricultura.
- 2) Desarrollar un software de análisis de datos por medio de Inteligencia de Negocios para una correcta interpretación de datos y toma de decisiones.

### 4. HIPÓTESIS

¿En qué medida un sistema telemático de monitoreo y control de variables microambientales usando LoraWan y e-Agricultura ayudaría a mejorar la producción de un invernadero y una estación acuícola en la Escuela Nacional de Agricultura ENA?

### 5. MARCO TEÓRICO

Como parte fundamental al tema del proyecto de investigación, es relevante el conocer de las siguientes temáticas.

#### 5.1. ESCUELA NACIONAL DE AGRICULTURA (ENA)

La ENA es una institución autónoma de Educación Superior estatal, regida por la Ley de Educación Superior, con categoría de Instituto Tecnológico dedicada a la formación de Técnicos en Ciencias Agronómicas, que comprenden la producción vegetal, animal, acuícola y forestal. Su naturaleza jurídica es de corporación de utilidad pública sin fines de lucro, con personalidad jurídica y patrimonio propios.



Las investigaciones de la ENA generan conocimiento científico y tecnológico, desarrollando soluciones y alternativas para transferirlas a la producción nacional y regional, a través de procesos de innovación abiertos en las áreas agropecuarias, agroindustriales, de cambio climático, agroalimentarias, biotecnológicas, y disciplinas relacionadas, tendientes al fortalecimiento de capacidades locales para promover el desarrollo productivo, la auto-sostenibilidad y la resiliencia.

La visión institucional de la ENA es ser una institución pública que brinda servicios de excelente calidad, de forma articulada y oportuna, contribuyendo al desarrollo sostenible en beneficio del sector agropecuario, forestal, pesquero, acuícola y agroindustrial. Esta visión se desarrolla a través de la misión institucional de desarrollar y dinamizar el sector agropecuario, forestal, pesquero, acuícola y agroindustrial, mediante la prestación articulada de servicios diversificados e innovadores, en condiciones de sostenibilidad de las actividades productivas, con enfoque de género e inclusivo; contribuyendo al desarrollo económico y la seguridad alimentaria de la población. [3]

## 5.2. BUSINESS INTELLIGENCE (INTELIGENCIA DE NEGOCIOS)

El término Business Intelligence (BI por sus siglas en inglés) hace referencia al uso de estrategias y herramientas que sirven para transformar información en conocimiento, con el objetivo de mejorar el proceso de toma de decisiones en una empresa. En plena era digital, tomar decisiones bien informadas es uno de los principales factores de diferenciación de las empresas.

### Ventajas de las herramientas de Business Intelligence

Las cuatro grandes ventajas que ofrece el uso de herramientas de inteligencia de mercado son:

1. La capacidad de analizar de forma combinada información interna y externa procedente de distintas fuentes y sistemas.
2. Una mayor profundidad de análisis y una capacidad ampliada de informes (reporting).
3. La posibilidad de remontar ese análisis atrás en el tiempo en base a series históricas.
4. La capacidad de realizar proyecciones y pronósticos de futuro en base a toda esa información. [4]



### Fases del Business Intelligence

#### OBSERVACIÓN

¿Qué está ocurriendo alrededor de la empresa? El Business Intelligence empieza su proceso como un potente elemento observador. Gracias a su trabajo en conjunto con el Big Data, una gran cantidad de información puede ser tratada para su análisis. Información que a veces no parece tener relación con la estrategia final de la empresa, pero que esta herramienta utiliza para darle ese punto de ventaja y diferencia respecto a los instrumentos convencionales de análisis de información.

#### COMPRENSIÓN

Poder acceder a grandes cantidades de información no es relevante si no somos capaces de comprenderla. Por eso, el Business Intelligence ofrece un análisis profundo de la información que obtiene gracias a cruces de datos.

## **PREDICCIÓN**

Además de observar y comprender, esta nueva tecnología es capaz de predecir qué ocurriría si el escenario de aplicación de la empresa se viera modificado por alguna causa externa. Y es que, los mercados son elementos en constante cambio y poder predecir estos cambios da a las empresas un punto de tranquilidad y serenidad extra.

## **COLABORACIÓN**

Cuando el resultado del análisis de los datos ya es una realidad, la colaboración entre los equipos de trabajo de las empresas es necesaria. Es esta fase la más crucial de todas, ya que la interpretación de estos datos dará a la empresa el éxito o el fracaso en sus estrategias.

## **DECISIÓN**

Es el último paso del proceso, el más esperado. En la fase de la decisión, la empresa muestra el resultado del análisis de los datos con todas sus interpretaciones y simulaciones y, en base a estas deducciones, decide hacia donde encaminar las nuevas estrategias de la empresa. Cada vez son más las empresas que apuestan por aplicar las técnicas que ofrecen las nuevas tecnologías y que están revolucionando las estrategias empresariales por la capacidad que otorgan de conocer más a clientes, competidores y a la propia empresa. [5]

### **5.3. E-AGRICULTURA**

La E-agricultura, un campo emergente para mejorar la agricultura sustentable y seguridad alimentaria. Una mayor adopción de servicios de banda ancha inalámbrica potenciaría a la agricultura en el proceso productivo y de comercialización, aumentando su eficacia.



**Imagen 1.** Un dron sobrevolando cultivos.

# E-AGRICULTURA EN AMÉRICA LATINA



El uso de las tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC) en la agricultura, también conocido como e-agricultura, es un campo emergente para mejorar la agricultura sustentable y la seguridad alimenticia a través de procesos mejorados para el acceso e intercambio de información. La implementación de e-agricultura puede mejorar las condiciones de producción y comercialización en América Latina.

## TIC CON MÁS PRESENCIA EN ÁMBITOS RURALES



Radio

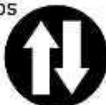


Televisión



Telefonía móvil (en ascenso)

La internet móvil permite a los agricultores contar con una comunicación bidireccional, recibiendo y enviando información y datos.



## EL USO DE LAS TIC:

Facilita significativamente el acceso a los mercados



Enriquece las prácticas de cultivo



Facilita la consulta de información climática actualizada



## ESTADÍOS DE ADOPCIÓN

Usos básicos de las TIC

TIC en gestión administrativa

TIC en procesos productivos

Gestión integral informatizada

Agricultura basada en el conocimiento

## LAS TIC PUEDEN IMPACTAR



Control administrativo y financiero, incrementando eficacia y reduciendo costos



Utilización de herramientas e instrumentos digitales



Disponibilidad de información, por medio de redes de alertas a cambios climáticos y sistema de gestión de sequías



Uso racional de recursos e insumos mediante tecnologías productivas



Sustentabilidad mediante uso eficiente de riego y drenaje

Producido por 5G Americas, abril de 2018.  
Fuente: E-Agricultura en América Latina - Serie de Estudios TIC para el Desarrollo (julio de 2017). Disponible en <http://www.5gamericas.org/es/resources/white-papers/>

Imagen 2. E-Agricultura en América Latina.

La e-Agricultura busca promover la sostenibilidad y seguridad alimentaria por medio del uso de las tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC). Su implementación sería de gran aporte para el sector agrícola de América Latina, ya que mejoraría sus condiciones de producción y comercialización, según se explica en el estudio “*E-Agricultura en América Latina*”, publicado recientemente por 5G Américas.

El reporte destaca que fueron pocos los planes de conectividad llevaron adelante para reducir la brecha digital en América Latina que tenían entre sus enunciados diferentes grados de inclusión de la agricultura o los ámbitos rurales.

También sostiene que, de acuerdo con la *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura* (FAO), la e-agricultura es un campo emergente para mejorar la agricultura sustentable y la seguridad alimenticia a través de procesos mejorados para el acceso e intercambio de información basado en el uso de las TIC.

Esta utilización de las TIC facilita significativamente el acceso a los mercados, enriquece las prácticas de cultivo, y facilita la consulta de información climática actualizada. [6]

### **Las TIC en la agricultura en América Latina**

Las nuevas tecnologías están transformando la agricultura y la ganadería, dos sectores con oportunidades para emprendedores por la creciente demanda mundial de alimentos y la conciencia medioambiental de la sociedad.

El empleo de las tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC) en la agricultura en América Latina presenta una oportunidad de avanzar hacia una agricultura sustentable y contribuir a la seguridad alimentaria en la región, a través de la mejora de procesos basados en el acceso e intercambio de información.

Gracias a las TIC, se puede utilizar las tecnologías móviles para conseguir informaciones útiles en el marco de la agricultura inteligente. Por ejemplo, los servicios de informaciones móviles pueden ser muy útiles para difundir informaciones sobre el clima (agrometeorología) a los agricultores así que a todos los actores de la cadena agrícola.

Se puede obtener datos que proceden de captadores de suelo, por ejemplo. La tecnología móvil ofrece a los agricultores la oportunidad de reunir datos sobre las tendencias en tiempo real y compartirlos con otros agricultores.

La Adopción de las TIC por parte del sector agropecuario es un proceso complejo, con etapas sucesivas y que está condicionado por la heterogeneidad estructural y la estratificación de los agricultores como ya hemos visto antes.

La siguiente imagen muestra los estadios de la adopción de las TIC por los agricultores.

## ESTADIOS DE ADOPCIÓN DE LAS TIC POR LOS AGRICULTORES

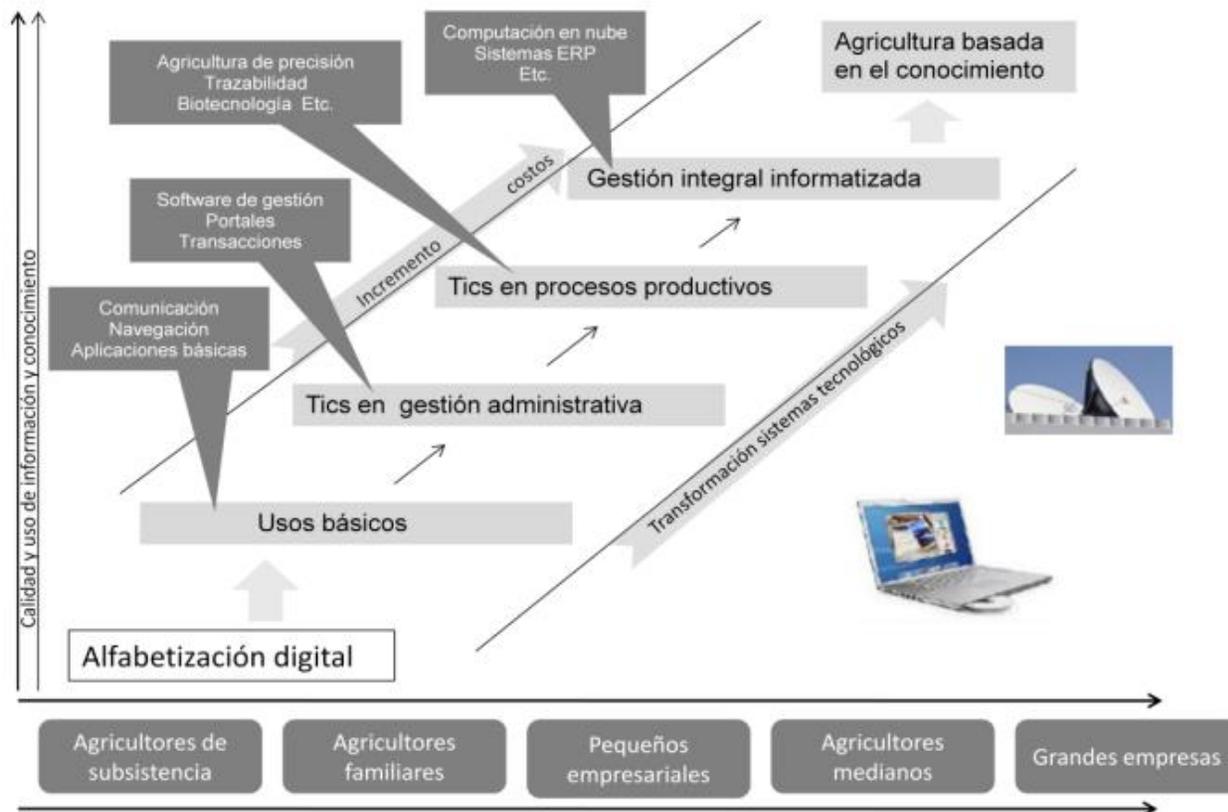


Imagen 3. Estadios de adopción de las TIC por los agricultores [7].

### 5.4. LoRaWAN

LoRaWAN™ es una especificación para redes de baja potencia y área amplia, LPWAN (en inglés, Low Power Wide Area Network), diseñada específicamente para dispositivos de bajo consumo de alimentación, que operan en redes de alcance local, regional, nacionales o globales.



En el nivel 1 del modelo OSI, nivel físico, encontramos la tecnología LoRa de comunicación. Esta tecnología permite el envío y recepción de información punto-a-punto. Lo que caracteriza a un dispositivo LoRa es su largo alcance con un mínimo dispositivo. Para ello emplea la técnica de espectro ensanchado, donde la señal a mandar utiliza más ancho de banda que el necesario teóricamente pero que permite una recepción de múltiples señales a la vez que tengan distinta velocidad.

Atendiendo a los niveles OSI, LoRaWAN sería el nivel 2. Es lo que se conoce como MAC (Media Access Control). LoRaWAN se encarga de unir diferentes dispositivos LoRa gestionando sus canales y parámetros de conexión: canal, ancho de banda, cifrado de datos, etc.

El estándar de red LoRaWAN apunta a requerimientos característicos de Internet de las Cosas IoT, tales como conexiones bidireccionales seguras, bajo consumo de energía, largo alcance de comunicación, bajas velocidades de datos, baja frecuencia de transmisión, movilidad y servicios de localización. Permite la interconexión entre objetos inteligentes sin la necesidad de instalaciones locales complejas, y además otorga amplia libertad de uso al usuario final, al desarrollador y a las empresas que quieran instalar su propia red para Internet de las Cosas.

La arquitectura de red típica, es una red de Redes en Estrella, de forma que la primera estrella está formada por los dispositivos finales y las puertas de enlace, y la segunda estrella está formada por las puertas de enlace y un servidor de red central. En este caso las puertas de enlaces son un puente transparente entre los dispositivos finales y el servidor de red central.

Uno o más dispositivos finales se conectan a una o más puertas de enlace, mediante una conexión inalámbrica de un solo salto, usando tecnología RF LoRa™ o FSK, formando así una red en estrella. Una o más puertas de enlace se conectan al servidor de red central por medio de conexiones IP estándar, formando así una red en estrella.

Las comunicaciones entre los dispositivos y el servidor de red, son generalmente unidireccionales o bidireccionales, pero el estándar también soporta multidifusión, permitiendo la actualización de software en forma inalámbrica, u otras formas de distribución de mensajes en masa.

La comunicación entre dispositivos finales y las puertas de enlace se hacen en diferentes canales de frecuencias y a distintas velocidades de datos. La selección de la velocidad de datos es un compromiso entre la distancia de alcance, y la duración y consumo de energía del mensaje.

Debido a la tecnología de espectro ensanchado (o SS, spread spectrum en inglés), las comunicaciones a distintas velocidades de datos no interfieren con otras comunicaciones a distinta velocidad, creando así un juego virtual de canales que incrementan la capacidad de la puerta de enlace.

El protocolo LoRaWAN se compone de gateways y nodos:

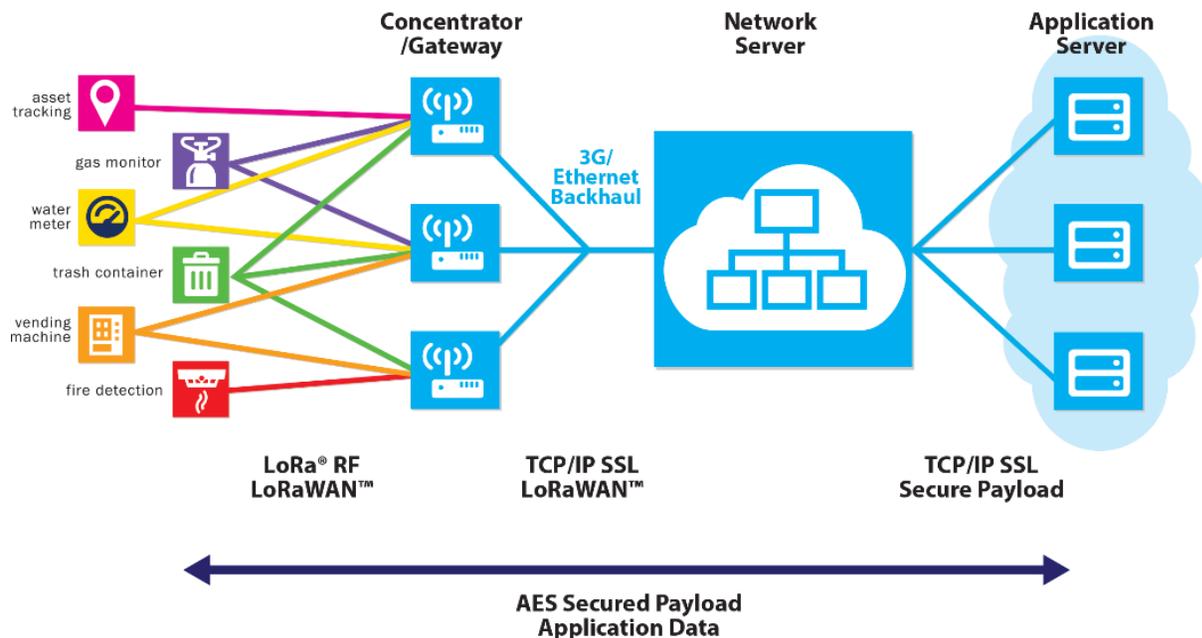
**Gateways (antenas):** son los encargados de recibir y enviar información a los nodos.

**Nodos (dispositivos):** son los dispositivos finales que envían y reciben información hacia el gateway.

Las velocidades de datos se encuentran en el rango de 0.3 kbps a 50 kbps. Para maximizar en forma conjunta la duración de la batería de los dispositivos finales y la capacidad de la red, el servidor central LoRaWAN maneja la velocidad de datos para cada dispositivo en forma individual, por medio de un esquema adaptativo de velocidad de datos (o ADR, adaptive data rate en inglés).

Atendiendo a los niveles OSI, LoRaWAN sería el nivel 2 (red). Es lo que se conoce como MAC (Media Access Control). LoRaWAN se encarga de unir diferentes dispositivos LoRa gestionando sus canales y parámetros de conexión: canal, ancho de banda, cifrado de datos, etc.

En el nivel 1 del modelo OSI, nivel físico, encontramos la tecnología LoRa de comunicación. Esta tecnología permite el envío y recepción de información punto-a-punto. Lo que caracteriza a un dispositivo LoRa es su largo alcance con un mínimo dispositivo. Para ello emplea la técnica de espectro ensanchado, donde la señal a mandar utiliza más ancho de banda que el necesario teóricamente pero que permite una recepción de múltiples señales a la vez que tengan distinta velocidad.



**Imagen 4.** Estructura de red LoRaWAN.

Poco a poco LoRa va teniendo presencia en el mundo maker y ya es posible realizar proyectos en plataformas como Arduino o Raspberry PI.

Dónde se utiliza LoRaWAN

1. Conexiones punto a punto (P2P) o máquina a máquina.
2. Redes de sensores en ciudades, campo o industria.
3. Redes IoT donde NO se requiere transferir voz o video.
4. Tracking de vehículos, animales o personas.
5. Redes privadas que no requieren conectarse a servicios en la nube o donde no hay cobertura celular.

#### **Ventajas de la tecnología LoRaWAN**

1. Alta tolerancia a las interferencias
2. Alta sensibilidad para recibir datos (-168dB)
3. Basado en modulación “chirp”
4. Bajo Consumo (hasta 10 años con una batería)
5. Largo alcance 10 a 20 km
6. Baja transferencia de datos (hasta 255 bytes)
7. Conexión punto a punto
8. Frecuencias de trabajo: 868 Mhz en Europa, 915 Mhz en América, y 433 Mhz en Asia

LoRaWAN permite la interconexión entre objetos inteligentes sin la necesidad de instalaciones locales complejas, y además otorga amplia libertad de uso al usuario final, al desarrollador y a las empresas que quieran instalar su propia red para Internet de las Cosas (IoT)

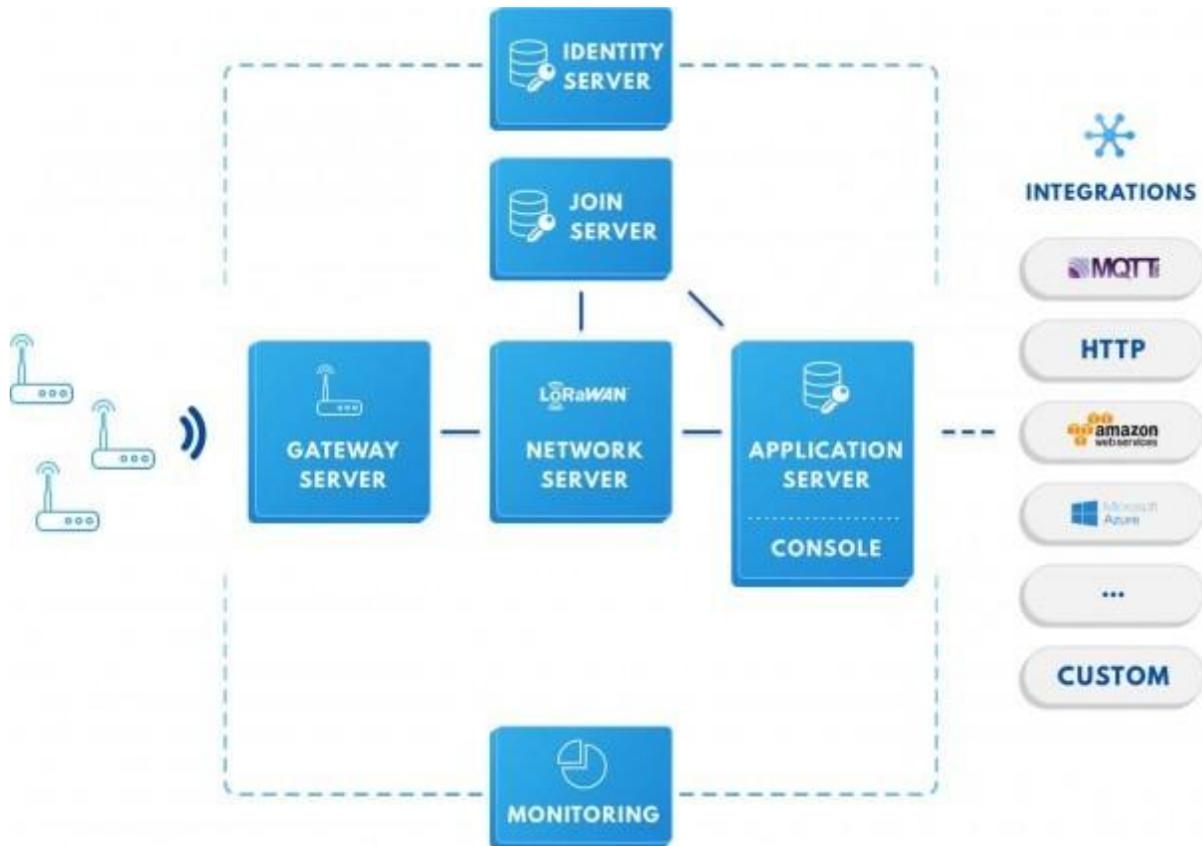


Imagen 5. Interconexión de red IoT LoRaWAN.

### 5.5. SENSORES DE PARÁMETROS MEDIOAMBIENTALES



Imagen 6. BrioAgro ViTA 12 – Dispositivo de campo conectado a sensores para invernaderos.

## **Sensor de Humedad y Temperatura con LoRaWAN**

Consiste en una unidad de aspiración forzosa, con sensores interiores de temperatura y humedad relativa del aire. Con la aspiración conseguimos que las medidas sean lo más exactas posibles y enviar datos a un largo rango de distancia.

Características:

- Sensor de temperatura y humedad: SHT20.
- Chip LoRaWAN: LHT65.
- Protocolo LoRaWAN clase A (puede trabajar con LoRA Gateway estándar).
- Compatible con el protocolo LoRaWAN v1.0.2.
- Bandas de frecuencia: CN470/EU433/KR920/US915/EU868/AS923/AU915.
- Compatible con comandos AT.
- Permite configuración de parámetros de forma remota vía LoRAWAN Downlink.
- Firmware actualizable por medio de puerto de programación.
- Con batería de 2400mAh de larga duración (no recargable).
- Conector para sensores externos (sonda temperatura, humedad del suelo, etc).
- Con LEDs indicadores de estado.
- Puede guardar hasta 3200 datos con fecha.

### ***Sensor de humedad del suelo o del sustrato.***

Está compuesto por una serie de electrodos que miden conductividad eléctrica y permiten medir el tanto por ciento de humedad del suelo o del sustrato, por extracción de la humedad contenida en el volumen delimitado por los electrodos. Mide la temperatura y la humedad relativa del suelo de forma precisa y luego sube estos valores a un servidor IoT vía protocolo inalámbrico LoRAWAN.

Este sensor de humedad se puede utilizar para detectar la humedad del suelo o si hay agua alrededor del sensor, basta con insertar en el suelo y el sensor empezara a medir. Utiliza las dos sondas para pasar corriente a través del suelo, y luego se lee la resistencia para obtener el nivel de humedad. Más agua hace que el suelo conduzca la electricidad con mayor facilidad (menos resistencia), mientras que el suelo seco es un mal conductor de la electricidad (más resistencia).

Características:

- Rango de temperatura: -40 a + 80°C.
- Exactitud:  $\pm 0.2$  @ 0-90°C.
- Resolución: 0.01C.
- Rango de humedad: 0 ~ 99.9% RH.
- Exactitud:  $\pm 2\%$ RH (0 ~ 100%RH).
- Resolución: 0.01% RH.

- LoRaWAN v1.0.3 Class A.
- Banda: AU915.
- Sensor con cable de 3m.
- Soporta comandos AT para cambio de parámetros.
- Soporta alarma de temperatura.
- Uplink en forma periódica o Interrupción.
- Downlink para cambiar la configuración.
- Funciona con batería de Li-SOCI2 8500mAh.

### **Sensor de radiación solar.**

Sensor con un rango de medición de longitud de onda de 300-3000nm. Puede medir la radiación reflejada, la radiación incidente en un plano inclinado o la radiación dispersa cuando hay sombras. Es ampliamente utilizado en meteorología, energía solar, agricultura y más áreas.

#### **Características:**

- Rango espectral: 300~3000nm.
- Rango: 0-1500W/m<sup>2</sup>.
- Voltaje de alimentación: 12V-24VDC.
- Salida (opcionales): 4-20mA, 0-5V, RS485.
- Tiempo de respuesta: <5s.
- Efecto de la temperatura:  $\pm 0.08\%$ / °C.
- Corrección coseno: <10%(Ángulo de elevación solar=10°).
- No-linealidad:  $<\pm 3\%$ .
- Estabilidad:  $\leq \pm 2\%$ /año.
- Temperatura de operación: -40 to +85 °C.
- Cubierta fabricada en aleación de Aluminio.
- Protección: IP65.

Todos estos sensores miden diversos datos medioambientales, los cuales pueden ser enviados a una base de datos o a una computadora. Basado en los conceptos y tecnologías anteriores, se han encontrado dispositivos que permiten la conexión con sensores en la agricultura, que envían la información vía satélite, pero estos son de alto costo de instalación y adquisición, además no guardan los datos de forma histórica para su posterior análisis, dicho tecnología no se encuentra en el país, ni en la región. Un ejemplo de esta tecnología es la de BrioAgro Vita 12.

Los sensores se configuran para que transmitan datos cada 10 minutos. La posición óptima de instalación de la caja LoRaWAN de cada sensor, es la vertical. La emisión en esta posición es la más favorable por la posición de la antena interna.

## **5.6. ESTANQUES ACUÍCOLAS PARA CULTIVO DE TILAPIAS**

El cultivo de peces y otros organismos vivos acuáticos requiere de ambientes de fácil manejo, que se puedan secar o llenar con rapidez y con posibilidad de modificar sus condiciones físicas y químicas. A estos ambientes se les denomina estanques. También se pueden cultivar especies vivas acuáticas en espacios limitados por cercos de redes de distintos materiales: sintético, de hierro. A estos recintos se les denomina jaulas y corrales.

### **Tipos de Estanque**

Los tipos de estanque que se pueden construir son varios. Los más conocidos son el de arcilla, que es el más barato; el de tierra con cobertura plástica; la pileta de hormigón armado; el de ladrillo armado y de otros materiales.

Existen otros tipos de estanques como los combinados, con taludes o diques de contención cubiertos con hormigón armado o mampostería de ladrillo, y con fondo de arcilla. Generalmente, la arcilla se trae de otro lugar y se coloca en un espesor de 5 a 10 cm para impermeabilizar el fondo del estanque. La contaminación del agua es la primera causa de pérdidas económicas en el mercado de la tilapia. El reto principal es controlar los parámetros de calidad de agua para así incrementar la productividad, reducir costes y, consecuentemente, incrementar los beneficios.

Los organismos naturales alimenticios encontrados en un estanque proveen nutrientes esenciales. En algunas ocasiones, este alimento natural no se encuentra disponible en suficiente cantidad para proveer de adecuada nutrición para que los peces crezcan. Cuando esto sucede, los peces se deben alimentar a intervalos regulares (por ejemplo, diariamente, semanalmente, etc.), con alimentos concentrados manufacturados.

Los expertos enumeran una larga lista de parámetros que tienen que ser considerados a la hora de favorecer la productividad en acuicultura. Los niveles de pH y de oxígeno disuelto son algunos a tener en cuenta.

Así mismo, determinados químicos tampoco deben sobrepasar los límites marcados para proteger la salud de los peces, como por ejemplo el amonio y los nitritos, que son los mayores indicadores de toxicidad originados por las heces de los animales. Las altas tasas de mortalidad en el sector se deben principalmente a la calidad del agua. Monitoreando las condiciones acuáticas, las bajas se pueden reducir entre un 30% y un 40%. Además, ayuda a cumplir la regulación internacional para asegurar así la calidad de los peces y las condiciones de las piscifactorías.

La calidad del agua está determinada por sus propiedades fisicoquímicas, entre las más importantes destacan: temperatura, oxígeno, pH y transparencia. Estas propiedades influyen en los aspectos productivos y reproductivos de los peces, por lo que, los parámetros del agua deben mantenerse dentro de los rangos óptimos para el desarrollo de la tilapia.



**Imagen 7.** Estanque para tilapias.

### **Temperatura**

El rango óptimo es de 28-32 °C, cuando disminuye a los 15 °C los peces dejan de comer y cuando desciende a menos de 12 °C no sobreviven mucho tiempo. Durante los meses fríos los peces dejan de crecer y el consumo de alimento disminuye, cuando se presentan cambios repentinos de 5 °C en la temperatura del agua, el pez se estresa y algunas veces muere. Cuando la temperatura es mayor a 30 °C los peces consumen más oxígeno. Las temperaturas letales se ubican entre los 10-11 °C.

### **Oxígeno**

La concentración y disponibilidad de oxígeno disuelto son factores críticos para el cultivo de tilapia. Es uno de los aspectos más difíciles de entender, predecir y manejar y tiene mucho que ver con las mortandades, enfermedades, baja eficiencia en conversión de alimento y la calidad de agua. Normalmente, en los cuerpos de agua ricos en nutrientes, el oxígeno es abundante a mediados de la tarde y bastante limitado al amanecer.

Un factor que causa considerables variaciones en los niveles de oxígeno en el agua es el estado del tiempo y particularmente si el tiempo está nublado. La luz solar y el plancton, a través del proceso de fotosíntesis, son responsables de gran parte del oxígeno producido. Por lo tanto, cuando se dan condiciones de baja luminosidad y se restringe el proceso de fotosíntesis se dan problemas con niveles críticos de oxígeno.



**Semi estructurados.** Son datos que no se limitan a tipos determinados, pero que contiene marcadores para separar los diferentes elementos. Es información poco regular como para ser gestionada de una forma estándar. Estos datos poseen sus propios metadatos semiestructurados que describen los objetos y las relaciones entre ellos y pueden acabar siendo aceptados por convención. Algunos ejemplos son HTML, XML y JSON.

## Almacenamiento NoSQL

El término NoSQL significa Not Only SQL y son sistemas de almacenamiento que no cumplen con el esquema entidad-relación. Proveen un sistema de almacenamiento mucho más flexible y concurrente y permiten manipular grandes cantidades de información de manera mucho más rápida que las bases de datos relacionales. Existen cuatro tipos de almacenamiento NoSQL:

1. **Almacenamiento Clave-Valor (Key-Value).** Son sistemas de almacenamiento donde se accede al dato a partir de una clave única. Los valores son aislados e independientes entre ellos y no son interpretados por el sistema. Pueden ser enteros, caracteres u objetos. Por otro lado, este sistema de almacenamiento carece de una estructura de datos clara y establecida, por lo que no requiere un formateo de los datos muy estricto. Son útiles para operaciones simples basadas en claves. Un ejemplo es el aumento de velocidad de carga de un sitio web que pueden utilizar diferentes perfiles de usuario, teniendo mapeados los archivos que hay que incluir según el id de usuario y que han sido calculados con anterioridad. Cassandra es la tecnología de almacenamiento clave-valor más reconocida por los usuarios.
2. **Almacenamiento Documental.** Bases de datos con este sistema de almacenamiento guardan un gran parecido con las bases de datos Clave-Valor, diferenciándose en el dato que guardan. Si en la anterior no requería una estructura de datos concreta, en este caso si se guardan datos semiestructurados. Estos datos pasan a llamarse documentos, y pueden estar formateados en XML, JSON, o en el formato que acepte la misma base de datos. Un ejemplo de este tipo de almacenamiento es un blog: se almacena el autor, la fecha, el título, el resumen y el contenido del post. CouchDB o MongoDB son las bases de datos documentales más conocidas.
3. **Almacenamiento en Grafo.** Las bases de datos en grafo rompen con la idea de tablas y se basan en la teoría de grafos, donde se establece que la información son los nodos y las relaciones entre la información son las aristas. Relacionan grandes cantidades de datos que pueden ser muy variables. Por ejemplo, los nodos pueden contener objetos, variables y atributos diferentes unos de los otros. Las uniones se sustituyen por recorridos a través del grafo, y se guarda una lista de adyacencias entre los nodos. Un ejemplo es el Facebook, donde cada usuario es un nodo que puede tener aristas de amistad con otros usuarios, o aristas de publicación con nodos de contenidos. Soluciones como Neo4J y GraphDB son las más conocidas dentro de las bases de datos en grafo.
4. **Almacenamiento Orientado a Columnas.** Este sistema de almacenamiento es similar al Documental. Su modelo de datos es definido como “un mapa de datos multidimensional poco denso, distribuido y persistente. Se orienta a almacenar datos con tendencia a escalar horizontalmente, por lo que permite guardar diferentes atributos y objetos bajo una misma Clave. A diferencia del Documental y

el KeyValue, en este caso podremos almacenar varios atributos y objetos, pero no serán interpretables directamente por el sistema. Permite agrupar columnas en familias y guardar la información cronológicamente, mejorando el rendimiento. Esta tecnología se utiliza en casos de contar 100 o más atributos por clave. Su precursor es BigTable de Google, pero han aparecido nuevas soluciones como HBase o HyperTable.

## 6. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

Se desarrolló una aplicación de tipo dashboard, empleada para monitorear el estado de las variables ambientales, tanto para un invernadero como para un estanque acuícola de la ENA.

Para tal fin, la Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE contó con la ayuda de un grupo de estudiantes previamente seleccionados de la carrera de Ingeniería en Desarrollo de Software, así como la colaboración del personal responsable de los invernaderos y estanques acuícolas de la ENA.

La **fase uno** del proyecto consistió en la investigación técnica que permitió la recolección de la información necesaria para determinar qué tecnologías simplificarían el desarrollo de la aplicación web y su medio de transmisión idóneo para zonas extensas, en donde el Wifi se vuelve complicado. En esta fase, el equipo de trabajo de ITCA-FEPADE obtuvo todos los requerimientos funcionales del proyecto.

En la **fase dos** se llevó a cabo el trabajo de análisis y diseño del aplicativo multiplataforma que se realizó al mismo tiempo que la recopilación de datos. En esta parte, el equipo de trabajo estableció las herramientas óptimas para la programación de la App. Para el módulo web se determinó que el más indicado por su facilidad de uso y seguridad era con el framework Laravel complementado con otros lenguajes como JavaScript.

La **fase tres** se enfocó en el desarrollo y prueba del aplicativo. En esta etapa se realizó la codificación del aplicativo y su respectiva prueba en ambiente simulado. Puesto que no se cuenta con los sensores y la infraestructura de red instalados, se han simulado las lecturas que enviará la estación de monitoreo. Será necesario establecer políticas de seguridad dentro del servidor donde estará alojada la aplicación web.

Para la **fase cuatro** ITCA-FEPADE podrá brindar la asesoría necesaria para la supervisión e implementación de la infraestructura de comunicación con tecnología LoRaWAN, así como la construcción de las estaciones de monitoreo en el invernadero y en los estanques, esta fase será planificada oportunamente con la ENA y podrá ser ejecutada por ésta o por cooperativas del sector agrícola que dispongan de los fondos en su presupuesto para la adquisición de los equipos y accesorios.

Se utiliza un servidor LAMP, el cual es un acrónimo de Linux, Apache, MongoDB y PHP. En esta pila (stack), Linux sirve como el sistema operativo para la aplicación web. MongoDB se utiliza como base de datos. Apache versión 2.4 se utiliza como servidor web. PHP versión 7.2 se utiliza para procesar contenido dinámico. Para el proyecto se ha utilizado Ubuntu 18.04 como versión del sistema operativo Linux.



**Imagen 8.** Personal de la ENA con docentes investigadores de ITCA-FEPADE durante visita técnica para toma de requerimientos en invernadero.

### **6.1. REQUERIMIENTOS DEL SERVIDOR**

Como parte fundamental para el correcto funcionamiento de la aplicación desarrollada, se establecieron los siguientes requerimientos mínimos que debe tener el servidor:

Sistema Operativo: Ubuntu 18.04 LTS

2 GB de RAM.

Procesador de doble núcleo (2 GHz).

10 GB de espacio libre en el disco duro.

Medios de instalación (DVD o USB).

Conexión a internet.

Uso de la terminal de Linux.

Privilegios de administrador.

Requerimientos mínimos del cliente:

Acceso a internet.

PC de escritorio, laptop, dispositivo móvil o tableta.

Navegador (Cual sea de su preferencia).

## 6.2. CONFIGURACIÓN DEL SERVIDOR

El servidor es del tipo LAMP, es un acrónimo de **L**inux, **A**pache, **M**ongoDB, **P**HP. Es una pila popular para crear y desplegar aplicaciones web dinámicas. En esta pila (stack), Linux sirve como el sistema operativo para la aplicación web. MongoDB se utiliza como base de datos. Apache se utiliza como servidor web. PHP se utiliza para procesar contenido dinámico. En algunas otras variantes de esta pila, Perl se utiliza en lugar de PHP o Python. Sin embargo, para nuestro caso, vamos a instalar PHP. En otras pilas se suele utilizar MySQL como base de datos; y es que, este es la stack más famosa de todas, pero debido a que en nuestro proyecto se está haciendo uso de bases de datos no relacionales, utilizaremos MongoDB como gestor.

### Instalación de Apache.

Apache será el servidor web que administrará la parte web del aplicativo en el servidor Linux, para ello se detallan los pasos empleados para su instalación.

Abrir la terminal.

Actualizar el administrador de paquetes de Ubuntu 18.04:

```
sudo apt update
```

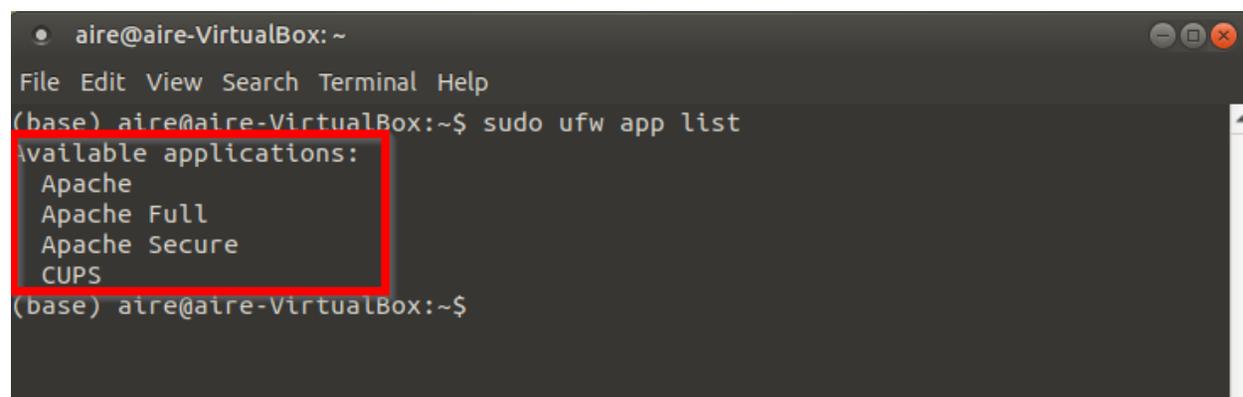
Instalar Apache2:

```
sudo apt install apache2
```

Mostrar las configuraciones disponibles:

```
sudo ufw app list
```

Verificar que se muestra una pantalla como esta:



```
aire@aire-VirtualBox: ~  
File Edit View Search Terminal Help  
(base) aire@aire-VirtualBox:~$ sudo ufw app list  
available applications:  
Apache  
Apache Full  
Apache Secure  
CUPS  
(base) aire@aire-VirtualBox:~$
```

Seleccionar “Apache Full” con el siguiente comando:

```
sudo ufw app info "Apache Full"
```

Al acceder desde un navegador ya sea local con la URL “http://localhost” o con la dirección IP del servidor verificar que se muestra la siguiente pantalla que indica que Apache ya está funcionando dentro de su sistema.



## Apache2 Ubuntu Default Page

**It works!**

This is the default welcome page used to test the correct operation of the Apache2 server after installation on Ubuntu systems. It is based on the equivalent page on Debian, from which the Ubuntu Apache packaging is derived. If you can read this page, it means that the Apache HTTP server installed at this site is working properly. You should **replace this file** (located at `/var/www/html/index.html`) before continuing to operate your HTTP server.

If you are a normal user of this web site and don't know what this page is about, this probably means that the site is currently unavailable due to maintenance. If the problem persists, please contact the site's administrator.

**Configuration Overview**

Ubuntu's Apache2 default configuration is different from the upstream default configuration, and split into several files optimized for interaction with Ubuntu tools. The configuration system is **fully documented in [/usr/share/doc/apache2/README.Debian.gz](#)**. Refer to this for the full documentation. Documentation for the web server itself can be found by accessing the **manual** if the `apache2-doc` package was installed on this server.

The configuration layout for an Apache2 web server installation on Ubuntu systems is as follows:

### Instalación de PHP

PHP (Hypertext Preprocessor) es un lenguaje de programación interpretado que se utiliza para la generación de páginas web de forma dinámica. Este código se ejecuta al lado del servidor y se incrusta dentro del código HTML. Cabe destacar que es un lenguaje de código abierto, gratuito y multiplataforma.

Abrir la terminal.

Instalar las dependencias de PHP:

```
sudo apt install php libapache2-mod-php
```

En la mayoría de los casos, se deseará modificar la forma mediante la cual Apache sirve archivos cuando un directorio es solicitado. En este momento, si un usuario solicita un directorio del servidor, Apache buscará, en primera instancia, un archivo llamado `index.html`. Nosotros queremos que el servidor web relacione a los archivos PHP sobre cualquier otro archivo. Para lo cual haremos que el Apache busque el archivo `index.php` en primer lugar. Para llevar a cabo esto debemos de ingresar el siguiente comando desde la terminal:

```
sudo nano /etc/apache2/mods-enabled/dir.conf
```

Sustituir todo por las siguientes líneas:

```
<IfModule mod_dir.c>
```

```
    DirectoryIndex index.php index.html index.cgi index.pl index.xhtml index.htm
```

```
</IfModule>
```

Cerrar la edición presionando `Ctrl + X` y luego `'Y'` para guardar los cambios.

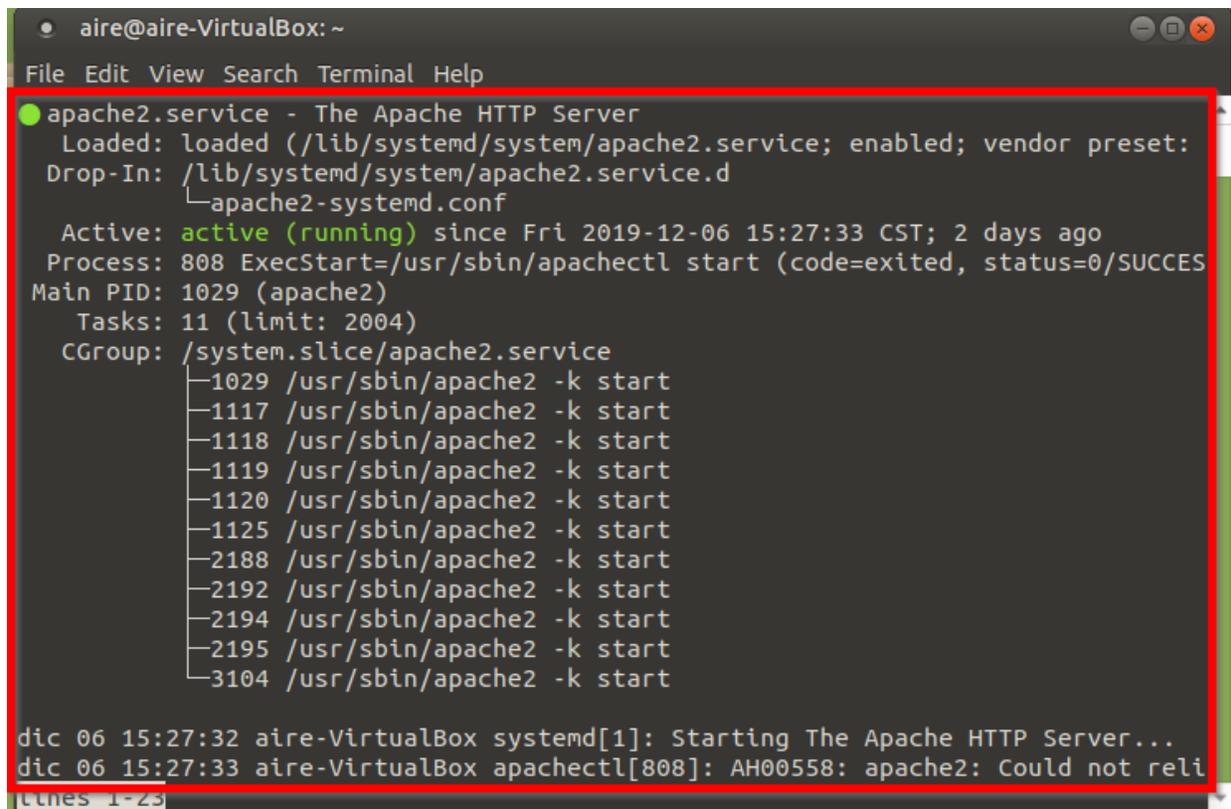
El siguiente paso es reiniciar el servidor Apache:

```
sudo systemctl restart apache2
```

Verificar el status para estar seguros de que el servidor se está ejecutando.

```
sudo systemctl status apache2
```

Mostrará algo como esto:



```
aire@aire-VirtualBox: ~  
File Edit View Search Terminal Help  
● apache2.service - The Apache HTTP Server  
  Loaded: loaded (/lib/systemd/system/apache2.service; enabled; vendor preset:  
  Drop-In: /lib/systemd/system/apache2.service.d  
           └─apache2-systemd.conf  
  Active: active (running) since Fri 2019-12-06 15:27:33 CST; 2 days ago  
  Process: 808 ExecStart=/usr/sbin/apachectl start (code=exited, status=0/SUCCE  
  Main PID: 1029 (apache2)  
  Tasks: 11 (limit: 2004)  
  CGroup: /system.slice/apache2.service  
          └─1029 /usr/sbin/apache2 -k start  
            └─1117 /usr/sbin/apache2 -k start  
              └─1118 /usr/sbin/apache2 -k start  
                └─1119 /usr/sbin/apache2 -k start  
                  └─1120 /usr/sbin/apache2 -k start  
                    └─1125 /usr/sbin/apache2 -k start  
                      └─2188 /usr/sbin/apache2 -k start  
                        └─2192 /usr/sbin/apache2 -k start  
                          └─2194 /usr/sbin/apache2 -k start  
                            └─2195 /usr/sbin/apache2 -k start  
                              └─3104 /usr/sbin/apache2 -k start  
  
dic 06 15:27:32 aire-VirtualBox systemd[1]: Starting The Apache HTTP Server...  
dic 06 15:27:33 aire-VirtualBox apachectl[808]: AH00558: apache2: Could not reli
```

Instalar PHP-CLI:

```
sudo apt install php7.4-cli
```

Verificación del funcionamiento de PHP dentro del servidor. Crear un nuevo archivo PHP con el siguiente comando:

```
sudo nano /var/www/html/info.php
```

Ingresar las siguientes líneas de código que nos mostrarán toda la información de PHP que instalamos previamente.

```
<?php  
phpinfo();  
?>
```

Digitar desde un navegador “http://IP-SERVIDOR/info.php” y nos debería de mostrar la siguiente información:

PHP Version 7.2.3-1ubuntu1	
System	Linux LAMP-1804-test 4.15.0-15-generic #16-Ubuntu SMP Wed Apr 4 13:58:14 UTC 2018 x86_64
Build Date	Mar 14 2018 22:03:58
Server API	Apache 2.0 Handler
Virtual Directory Support	disabled
Configuration File (php.ini) Path	/etc/php/7.2/apache2
Loaded Configuration File	/etc/php/7.2/apache2/php.ini
Scan this dir for additional .ini files	/etc/php/7.2/apache2/conf.d
Additional .ini files parsed	/etc/php/7.2/apache2/conf.d/10-mysqld.ini, /etc/php/7.2/apache2/conf.d/10-opcache.ini, /etc/php/7.2/apache2/conf.d/10-pdo.ini, /etc/php/7.2/apache2/conf.d/20-calendar.ini, /etc/php/7.2/apache2/conf.d/20-ctype.ini, /etc/php/7.2/apache2/conf.d/20-curl.ini, /etc/php/7.2/apache2/conf.d/20-exif.ini, /etc/php/7.2/apache2/conf.d/20-fileinfo.ini, /etc/php/7.2/apache2/conf.d/20-ftp.ini, /etc/php/7.2/apache2/conf.d/20-gd.ini, /etc/php/7.2/apache2/conf.d/20-gettext.ini, /etc/php/7.2/apache2/conf.d/20-iconv.ini, /etc/php/7.2/apache2/conf.d/20-intl.ini, /etc/php/7.2/apache2/conf.d/20-json.ini, /etc/php/7.2/apache2/conf.d/20-mysqli.ini, /etc/php/7.2/apache2/conf.d/20-pdo_mysql.ini, /etc/php/7.2/apache2/conf.d/20-phar.ini, /etc/php/7.2/apache2/conf.d/20-posix.ini, /etc/php/7.2/apache2/conf.d/20-readline.ini, /etc/php/7.2/apache2/conf.d/20-shmop.ini, /etc/php/7.2/apache2/conf.d/20-sockets.ini, /etc/php/7.2/apache2/conf.d/20-sysvmsg.ini, /etc/php/7.2/apache2/conf.d/20-sysvsem.ini, /etc/php/7.2/apache2/conf.d/20-sysvshm.ini, /etc/php/7.2/apache2/conf.d/20-tokenizer.ini, /etc/php/7.2/apache2/conf.d/20-xmlrpc.ini

## Instalación de MongoDB

MongoDB es un sistema de base de datos NoSQL orientado a documentos de código abierto.

En lugar de guardar los datos en tablas, tal y como se hace en las bases de datos relacionales, MongoDB guarda estructuras de datos BSON (una especificación similar a JSON) con un esquema dinámico, haciendo que la integración de los datos en ciertas aplicaciones sea más fácil y rápida.

Abrir la terminal.

Actualizar e instalar MongoDB.

```
sudo apt update
```

```
sudo apt install -y mongodb
```

Comprobar que el servicio se esté ejecutando de forma correcta:

```
sudo systemctl status mongod
```

Verificar que se muestre el estado ACTIVO, lo que indica que el servicio de MongoDB está correctamente instalado.

```
aire@aire-VirtualBox: ~
File Edit View Search Terminal Help
(base) aire@aire-VirtualBox:~$ sudo systemctl status mongod
● mongod.service - An object/document-oriented database
   Loaded: loaded (/lib/systemd/system/mongod.service; enabled; vendor preset:
   Active: active (running) since Fri 2019-12-06 15:27:32 CST; 2 days ago
     Docs: man:mongod(1)
    Main PID: 803 (mongod)
      Tasks: 29 (limit: 2004)
    CGroup: /system.slice/mongod.service
            └─803 /usr/bin/mongod --unixSocketPrefix=/run/mongod --config /etc/m
dic 06 15:27:32 aire-VirtualBox systemd[1]: Started An object/document-oriented
lines 1-10/10 (END)
```

### Instalación de Laravel

Laravel es uno de los frameworks de código abierto más fáciles de asimilar para PHP.

Fue creado en 2011 y tiene una gran influencia de frameworks como Ruby on Rails, Sinatra y ASP.NET MVC.

Asegurarse de haber iniciado sesión como usuario con privilegios de super usuario:

```
sudo apt update && sudo apt upgrade
```

Instalar curl en el caso de que no se encuentre en nuestro Sistema:

```
sudo apt install curl
```

Instalar composer con el siguiente comando:

```
curl -sS https://getcomposer.org/installer |
sudo php -- --install-dir=/usr/local/bin -filename=composer
```

Verificar la versión de composer:

```
composer --version
```

Debería de ver algo similar a esto:

```
composer version 2.0.8
```

Crear el proyecto de laravel con el siguiente comando:

```
composer create-project --prefer-dist laravel/laravel my_app
```

El comando anterior buscará todos los paquetes php necesarios.

El proceso puede tardar unos minutos y, si tiene éxito, el final de la salida debería tener el siguiente aspecto:

```
Package manifest generated successfully
```

```
@php artisan key:generate --ansi
```

Application key set successfully

Laravel está instalado en el sistema, el siguiente paso es abrir la carpeta del proyecto y ejecutar el servidor; para esto ingresar los siguientes comandos en la terminal:

```
cd my_app
```

```
php artisan server
```

La salida sería algo parecido a esto:

```
Laravel development server started: <http://127.0.0.1:8000>
```

Como último paso abrir el navegador e ingresa la siguiente URL y esperar a que cargue el proyecto en pantalla:

```
http://IP-SERVIDOR:8000
```

### **Instalación y configuración del controlador de MongoDB para Laravel**

Para utilizar MongoDB con Laravel, es necesario instalar el driver de MongoDB para que ambas tecnologías sean capaces de comunicarse entre sí, para realizar esto es necesario abrir la terminal y ejecutar el siguiente comando:

```
sudo pecl install mongodb
```

El siguiente paso será abrir el archivo php.ini y agregar la referencia del archivo de mongoDB, para esto hacer lo siguiente:

```
sudo nano /etc/php/7.4/apache2/conf.d
```

Agregar esta línea al final del archivo:

```
extension=mongodb.so
```

Reiniciar el servicio de apache para que los cambios surtan efecto.

### **Instalación y configuración de Laravel con Apache (Producción)**

Para llevar el proyecto de Laravel a producción con Apache2 es necesario realizar las siguientes configuraciones.

Actualizar las dependencias

```
sudo apt-get install update
```

```
sudo apt-get dist-upgrade
```

Mover la carpeta del proyecto a /var/www, que en este caso se encuentra en el escritorio:

```
sudo cp -r /home/aire/Desktop/invernadero /var/www/
```

Habilitar el modo rewrite de apache, para esto entramos a la terminal e ingresamos el siguiente comando:

```
sudo a2enmod rewrite
```

Cambiar configuración del archivo de configuración por defecto de Apache

```
sudo nano /etc/apache2/sites-enabled/000-default.conf
```

En este archivo cambiar las siguientes configuraciones:

```
<VirtualHost *:80>
```

```
# The ServerName directive sets the request scheme, hostname and port that
# the server uses to identify itself. This is used when creating
# redirection URLs. In the context of virtual hosts, the ServerName
# specifies what hostname must appear in the request's Host: header to
# match this virtual host. For the default virtual host (this file) this
# value is not decisive as it is used as a last resort host regardless.
# However, you must set it for any further virtual host explicitly.
```

```
#ServerName www.example.com
```

```
ServerAdmin webmaster@localhost
```

```
DocumentRoot /var/www/invernadero/public
```

```
<Directory /var/www/ invernadero/public>
```

```
Options Indexes FollowSymLinks MultiViews
```

```
AllowOverride all
```

```
Allow from all
```

```
RewriteEngine On
```

```
RewriteBase /var/www/ invernadero/public
```

```
</Directory>
```

```
# Available loglevels: trace8, ..., trace1, debug, info, notice, warn,
```

```
# error, crit, alert, emerg.
```

```
# It is also possible to configure the loglevel for particular
```

```
# modules, e.g.
```

```
#LogLevel info ssl:warn
```

```
ErrorLog ${APACHE_LOG_DIR}/error.log
```

```
CustomLog ${APACHE_LOG_DIR}/access.log combined
```

```
# For most configuration files from conf-available/, which are
```

```
# enabled or disabled at a global level, it is possible to
```

```
# include a line for only one particular virtual host. For example, the
```

```

# following line enables the CGI configuration for this host only
# after it has been globally disabled with "a2disconf".
#Include conf-available/serve-cgi-bin.conf
</VirtualHost>
Reiniciar el servidor apache:
sudo service apache2 restart
Asignar los permisos a la carpeta storage:
sudo chown -R www-data: storage
sudo chown -R 775 storage
Cambiar configuración del archivo .env, que se encuentra en la ruta /var/www/invernadero:
sudo nano .env
Cambiar las siguientes configuraciones:
APP_ENV = production
APP_DEBUG = false
Copiar el archivo .htaccess e index.php a la carpeta raíz del proyecto:
cd /var/www/invernadero2020/public
cp .htaccess /var/www/invernadero
cp index.php /var/www/invernadero
Modificar el archivo .htaccess alojado en /var/www/invernadero
sudo nano .htaces
Eliminar todo el contenido y agregar las siguientes líneas:
<IfModule mod_rewrite.c>
    RewriteEngine on
    RewriteRule ^(.*)$ public/$1 [L]
</IfModule>
Renombrar el archivo server.php a index.php
sudo mv server.php index.php
Modificar .htaces en la carpeta public:
<IfModule mod_rewrite.c>
    <IfModule mod_negotiation.c>
        Options -MultiViews
    </IfModule>

```

```
RewriteEngine On
# Redirect Trailing Slashes...
RewriteRule ^(.*)/$ /$1 [L,R=301]
# Handle Front Controller...
RewriteCond %{REQUEST_FILENAME} !-d
RewriteCond %{REQUEST_FILENAME} !-f
RewriteRule ^ index.php [L]
</IfModule>
```

Ingresar a la URL del proyecto para verificar que se ejecuta correctamente.

**NOTA:** Ejecutar las siguientes configuraciones ÚNICAMENTE si al ingresar a “localhost” le muestra el pseudocódigo del index.php:

Deshabilitar mpm event

```
a2dismod mpm_event
```

Habilitar php7.4

```
a2enmod php7.4
```

Reiniciar apache2

```
systemctl restart apache2
```

Verificar que el proyecto esté funcionando correctamente por medio de un navegador digitando la url del sistema.

### Instalación de NodeJS

Utilizar la consola y escribir el siguiente comando:

```
curl -sL https://raw.githubusercontent.com/creationix/nvm/v0.33.11/install.sh -o install_nvm.sh
```

Ejecute la secuencia de comandos con bash:

```
bash install_nvm.sh
```

Instalará el software en un subdirectorio de su directorio de inicio en ~/.nvm. También agregará las líneas necesarias a su archivo ~/.profile para utilizarlo. Para obtener acceso a la funcionalidad nvm, deberá cerrar sesión e iniciarla de nuevo u obtener el archivo ~/.profile para que su sesión actual registre los cambios:

```
source ~/.profile
```

Con nvm instalado, puede instalar versiones aisladas de Node.js. Para obtener información sobre las versiones de Node.js disponibles, escriba lo siguiente:

```
nvm ls-remote
```

La versión LTS actual en el momento en que se redactó este artículo es la 8.11.1. Puede instalarla escribiendo lo siguiente:

```
nvm install 13.14.0
```

Normalmente, nvm aplicará un cambio para utilizar la versión más reciente instalada. Puede indicar a nvm que utilice la versión que acaba de descargar escribiendo lo siguiente:

```
nvm use 13.14.0
```

Cuando instale Node.js utilizando nvm, el ejecutable se llamará node. Puede ver la versión que el shell utiliza actualmente escribiendo lo siguiente:

```
node -v
```

Si dispone de varias versiones de Node.js, es posible ver cuál está instalada escribiendo lo siguiente:

```
nvm ls
```

Establecer como predeterminada una de las versiones, escribir lo siguiente:

```
nvm alias default 8.11.1
```

Esta versión se seleccionará de forma automática cuando se genere una nueva sesión. También es posible hacer referencia a ella con el alias, como se muestra:

```
nvm use default
```

### **Instalación de PM2.**

Correr el siguiente comando para instalar el gestor de procesos PM2 de forma global:

```
npm -g install pm2
```

Iniciar PM2 al iniciar el servidor.

```
pm2 startup systemd
```

Configuraciones de PM2.

```
systemctl start pm2-root
```

```
systemctl enabled pm2-root
```

### **Instalación del servidor de notificaciones push.**

Clonar el proyecto del repositorio.

```
https://github.com/itcafepade/webpush
```

Instalar las dependencias del proyecto.

```
npm install
```

Iniciar el proceso con PM2:

pm2 start src/index.js

El servicio se encuentra activado y funcionando correctamente.

```
root@invernadero:/var/www/webpush/src# pm2 start index.js
[PM2] Applying action restartProcessId on app [index](ids: [ 0 ])
[PM2] [index](0) ✓
[PM2] Process successfully started
```

id	name	mode	♻	status	cpu	memory
0	index	fork	15	online	0%	24.6mb

### Instalación de protocolo HTTPS

Para un correcto funcionamiento del servidor de notificaciones push, es necesario contar con un DNS, y que los certificados SSL estén correctamente verificados. Esto se debe a que Chrome o los navegadores actuales, cuentan con una tecnología denominada *Service Workers*, pero para la utilización de este es obligatorio el uso de HTTPS para evitar el uso de aplicaciones inseguras o no deseadas.

Instalando el módulo SSL del apache

```
sudo apt install httpd mod_ssl -y
```

Generando la clave privada (.crt) y la solicitud de certificado (key)

```
openssl req -new -newkey rsa:2048 -nodes -keyout server.key -out server.csr
```

Se solicitarán los valores a utilizar en el certificado siguientes:

```
Country Name (2 letter code) [XX]:SU
State or Province Name (full name) []:San Salvador
Locality Name (eg, city) [Default City]:San Salvador
Organization Name (eg, company) [Default Company Ltd]:UPED
Organizational Unit Name (eg, section) []:SERVIDORES
Common Name (eg, your name or your server's hostname) []:www.servidoresweb.com
Email Address []:adminweb@gmail.com

Please enter the following 'extra' attributes
to be sent with your certificate request
A challenge password []:
An optional company name []:
[root@laptop-lc0glmru misc]# _
```

Para los atributos extras, solo presionar ENTER dos veces

Verificar que se generaron los dos archivos indicados (server.csr y server.key). Digitar el comando tree:

```
[root@laptop-lc0glmru misc]# tree
.
├── server.csr
└── server.key

0 directories, 2 files
[root@laptop-lc0glmru misc]# _
```

Imprimir en pantalla el certificado generado:

```
cat server.csr
```

Mostrar también la clave privada:

```
cat server.key
```

Generar un certificado propio:

```
openssl x509 -req -days 365 -in server.csr -signkey server.key -out server.crt
```

Verificar que se muestre que la firma fue correcta:

```
[root@laptop-lc0glmru misc]# openssl x509 -req -days 365 -in server.csr -signkey server.key -out server.crt
Signature ok
subject=C = SV, ST = San Salvador, L = San Salvador, O = ITCA , OU = SERVIDORES, CN = www.servidores
web.com, emailAddress = adminweb@gmail.com
Getting Private key
[root@laptop-lc0glmru misc]# _
```

Editar el fichero ssl.conf para validar el trabajo realizado del certificado:

```
nano /etc/httpd/conf.d/ssl.conf
```

Editar lo siguiente:

```
# Enable/Disable SSL for this virtual host.
SSLEngine on

# List the protocol versions which clients are allowed to connect with.
# The OpenSSL system profile is used by default. See
# update-crypto-policies(8) for more details.
#SSLProtocol all -SSLv3
#SSLProxyProtocol all -SSLv3

# User agents such as web browsers are not configured for the user's
# own preference of either security or performance, therefore this
# must be the prerogative of the web server administrator who manages
# cpu load versus confidentiality, so enforce the server's cipher order.
SSLHonorCipherOrder on
```

Buscar #SSLProtocol all -SSLv3 y reemplazar por SSLProtocol all -SSLv2 -SSLv3

Copiar el archivo de certificado (server.crt) dentro de la ruta del archivo de configuración ssl.conf:

```
cp server.crt /etc/pki/tls/certs/localhost.crt
```

Copiar el archivo de la llave del certificado en la misma ruta:

```
cp server.key /etc/pki/tls/private/localhost.key
```

Verificar que la sintaxis de la configuración este correcta:

```
apache2 -t
```

```
[root@laptop-1c0g1mru misc]# apache2 -t
AH00558: apache2: Could not reliably determine the server's fully qualified domain name, using 192.168
.1.13. Set the 'ServerName' directive globally to suppress this message
Syntax OK
[root@laptop-1c0g1mru misc]#
```

Reiniciar el servicio de Apache para que los cambios surtan efecto:

```
sudo service apache2 restart
```

Ingresar a un navegador y probar el certificado digitando la IP de nuestro servidor, pero con protocolo https:

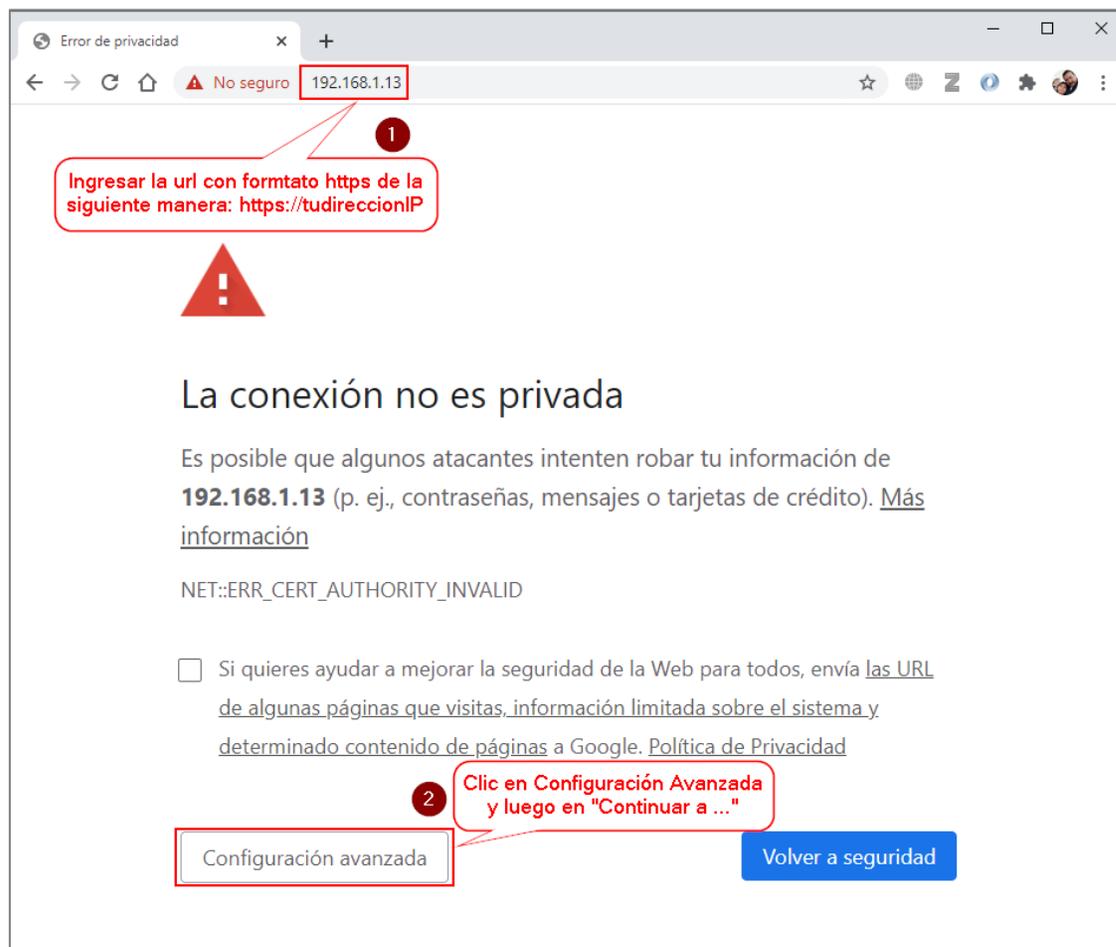


Imagen 9. Prueba del certificado digital.

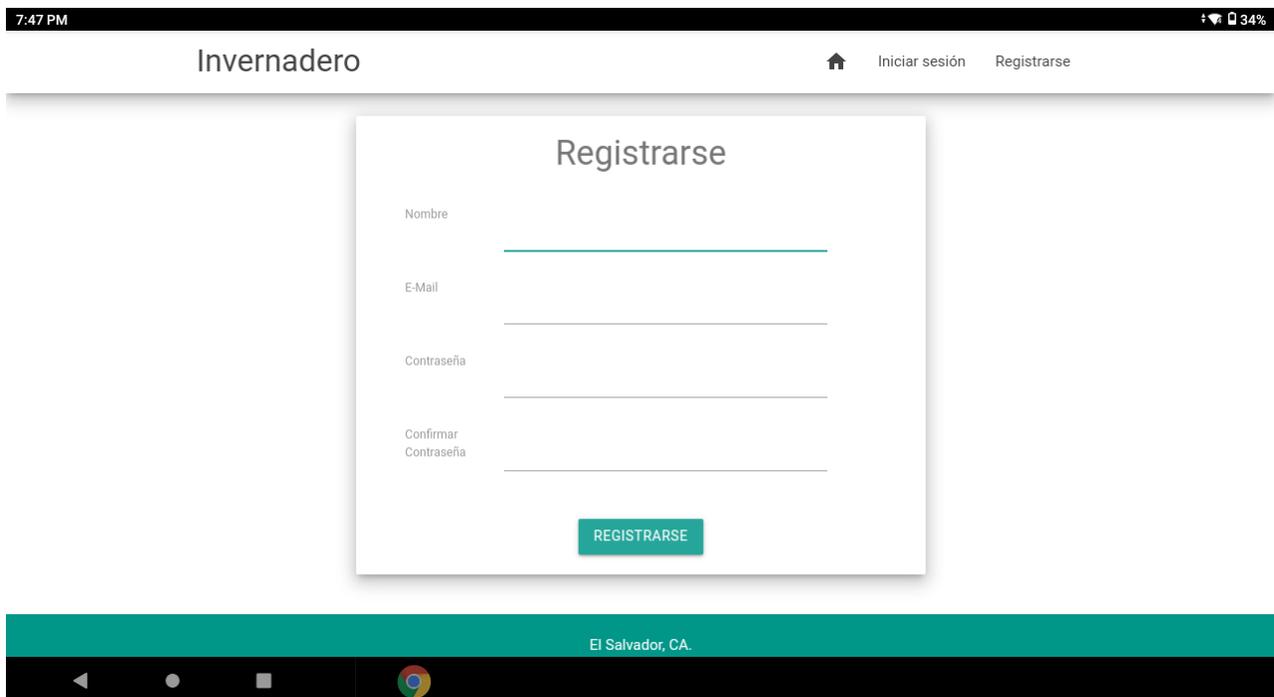
## 7. RESULTADOS

### 7.1. APLICACIÓN PARA EL MONITOREO Y CONTROL DE VARIABLES MICROAMBIENTALES

Como resultado de esta etapa del proyecto de investigación se desarrolló la aplicación web de tipo multiplataforma, la cual se encargará del monitoreo y control de variables ambientales para un invernadero y estación acuícola. La aplicación permite la administración de estaciones, crear, modificar, consultar y eliminar, recibir notificaciones en caso de que un valor este fuera de los rangos establecidos, administración de usuarios y un módulo de configuración para el correcto funcionamiento de la aplicación. Esta solución fue programada utilizando lenguaje PHP con ayuda del framework Laravel y MongoDB como gestor de base de datos.

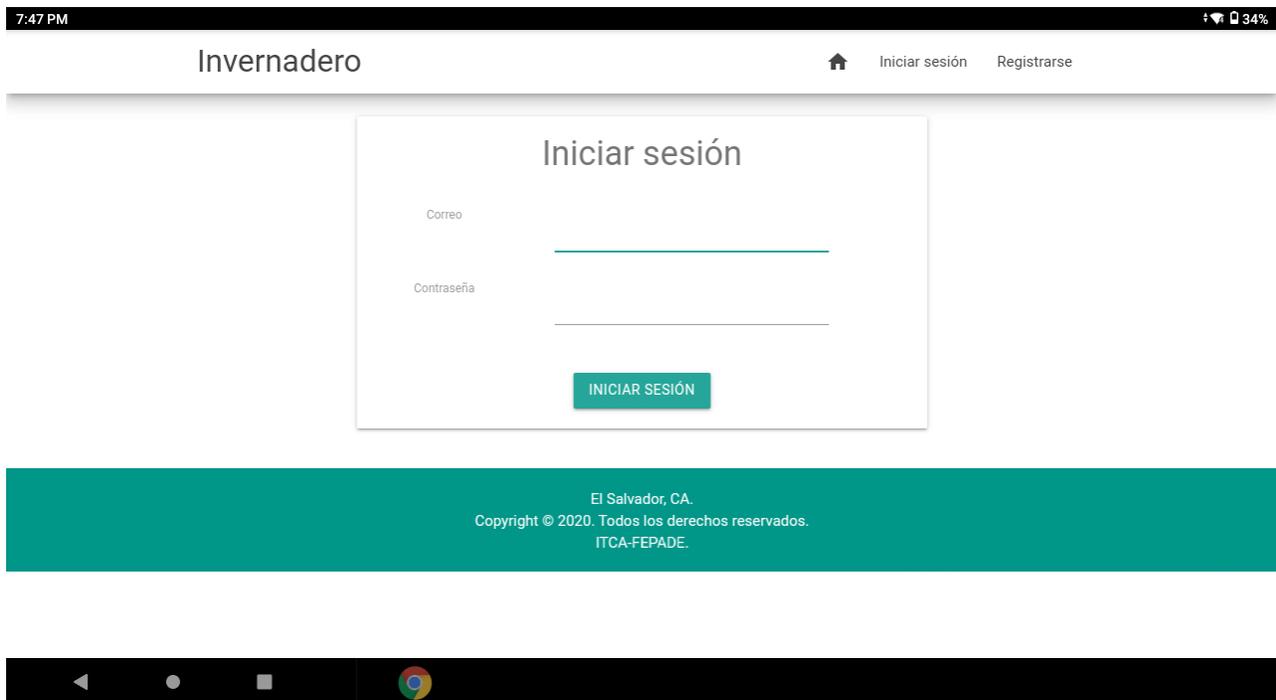
#### Descripción de la aplicación

Para acceder al sistema es necesario registrarse dentro de la aplicación para obtener acceso a todas las funciones del aplicativo.



**Imagen 10.** Pantalla de registro de usuarios.

Al registrarse, la aplicación provee de una pantalla de inicio de sesión para poder acceder con la cuenta de cada uno de los usuarios y su respectivo rol dentro del mismo.



**Imagen 11.** Pantalla de inicio de sesión.

### Pantalla de inicio

Después de identificarse en el sistema, se mostrará la pantalla principal en donde se encuentra una barra de navegación que incluye botón de inicio, notificaciones, ajustes, acerca de y cerrar sesión. Se muestra también el listado de las estaciones activas en el sistema y la información de la estación que se encuentra seleccionada.



**Imagen 12.** Pantalla principal de la aplicación.

Al seleccionar una estación se desplegarán las gráficas y tablas correspondientes con la estación seleccionada.

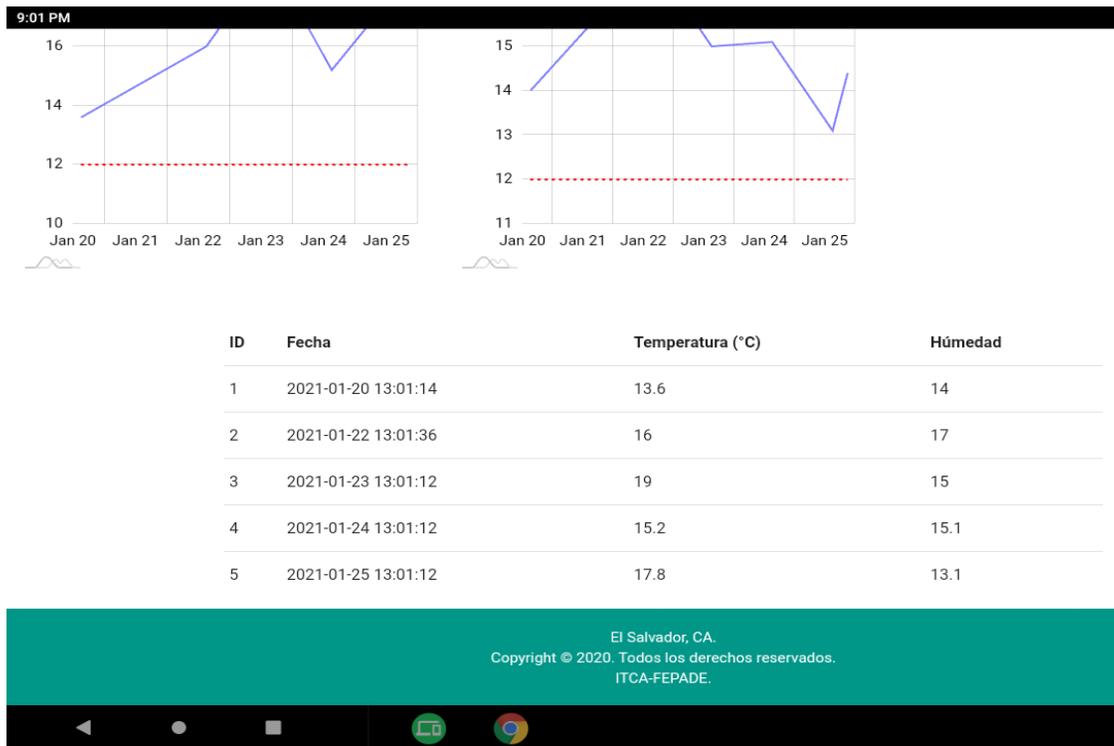


Imagen 13. Detalle de estación seleccionada con niveles de temperatura y humedad.



Imagen 14. Detalle de estación seleccionada con gráficas de temperatura y humedad.

## Notificaciones

Las notificaciones son alertas que se muestran en pantalla al momento que una estación envía un valor fuera de rango de cualquiera de sus variables microambientales que se estén controlando, permitiéndole al encargado de la estación (invernadero o estanque) tomar las medidas necesarias para verificar el problema reportado. Al seleccionar el botón de notificaciones se mostrarán las últimas 3 alertas que se hayan recibido en el sistema indicando si los datos son válidos o no.

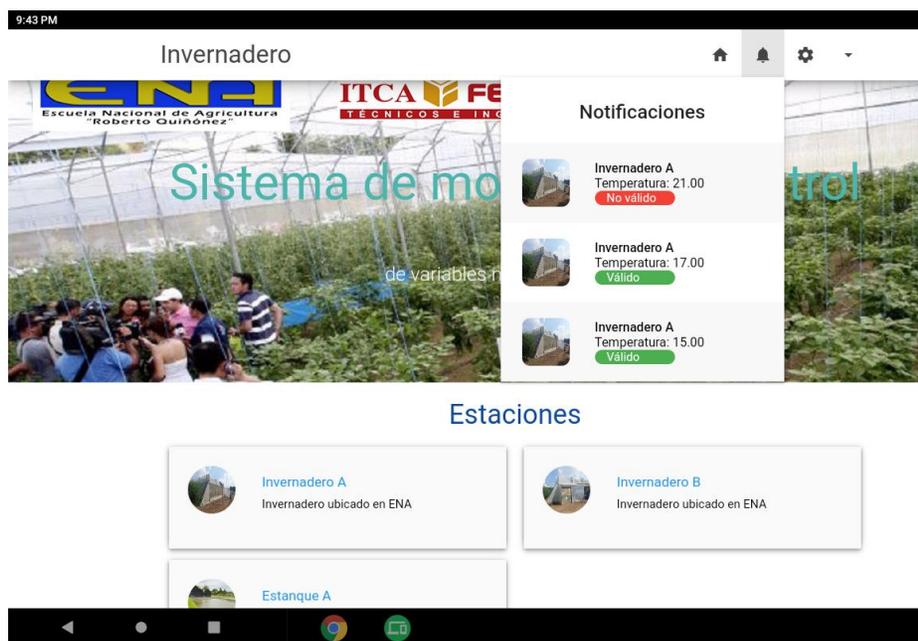


Imagen 15. Alertas del sistema por valores fuera de rango.



Imagen 16. Alertas de escritorio por valores fuera de rango.

## Pantalla de administración

En la pantalla de administración se muestran las estaciones activas y no activas; a su vez, se muestran los respectivos botones para el mantenimiento de éstas.

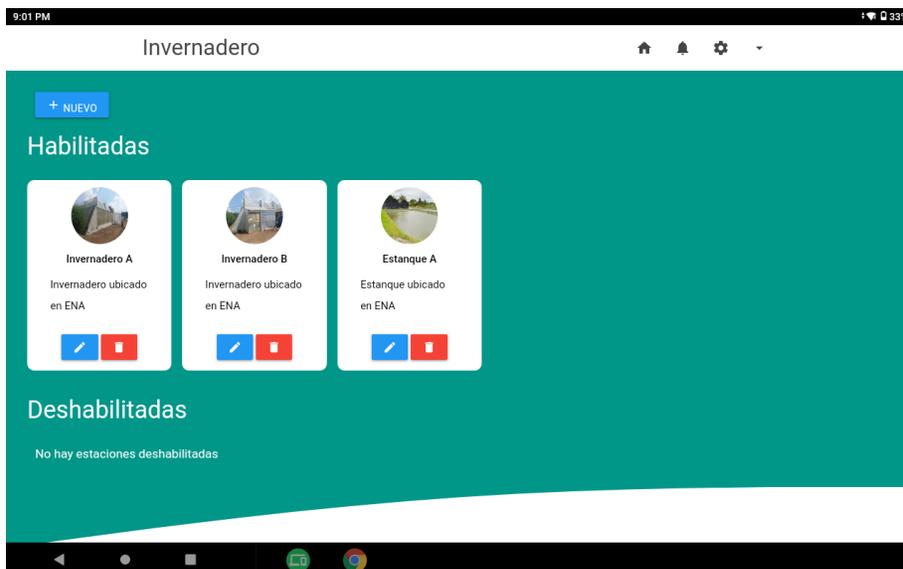


Imagen 17. Catálogo de estaciones registradas para su posterior mantenimiento.

## Informes y dashboard

Para la creación del informe se utilizaron elementos como tablas, gráficos circulares, gráficos de áreas, indicadores de promedios, etc. Dando como resultado el obtenido en la siguiente imagen.

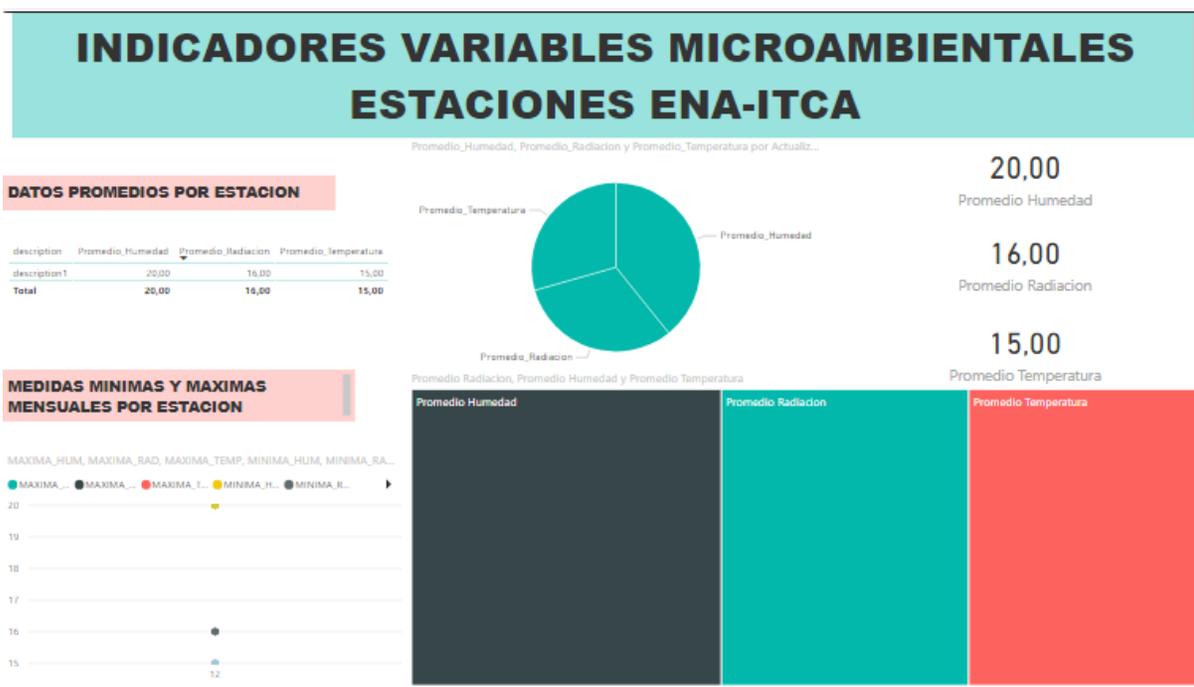


Imagen 18. Dashboard de representación de datos de las estaciones ubicadas en el invernadero.

## Publicación de informes

Una vez finalizado el diseño de los informes y dashboard, estos pueden compartirse a través de la herramienta de publicación de informes de Power BI, cabe mencionar que dicha herramienta tiene 2 versiones la version desktop que es gratuita y el Servicio Power BI online que es donde se publican los informes. Por medio de office 365 de microsoft se puede acceder de alguna forma a la version online aunque no se pueden compartir los informes con otros usuarios, por lo que en nuestra investigacion se publicarán los informes en el sitio web desarrollado específicamente para el proyecto, en formato pdf.

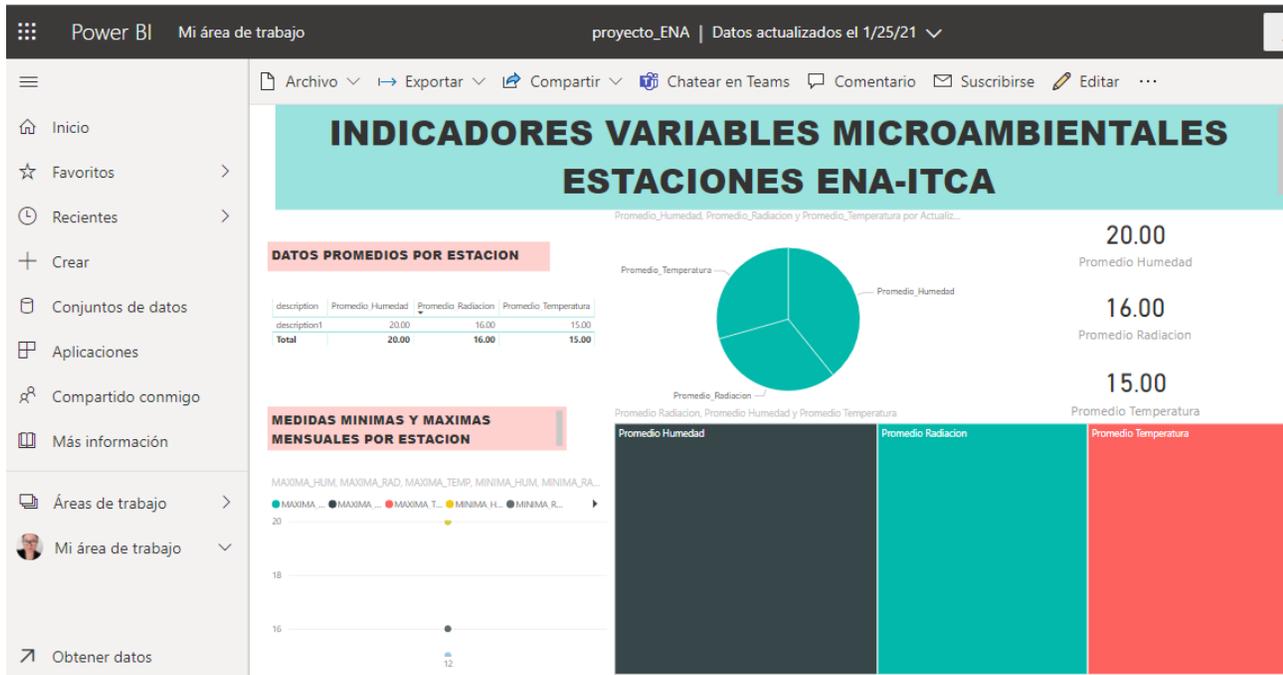


Imagen 19. Dashboard publicado en Power BI.

## 7.2. DISEÑO DE BASE DE DATO MULTIDIMENSIONAL

Basándose en el modelo de bases de datos no relacionales desarrollados en este proyecto, se planteó un diseño de bases de datos multidimensional para realizar un analisis de los datos y poder representarlos de una forma más ordenada y organizada, para lo cual se utilizó el software de Inteligencia de negocios llamado Power Bi.

### Origenes de datos

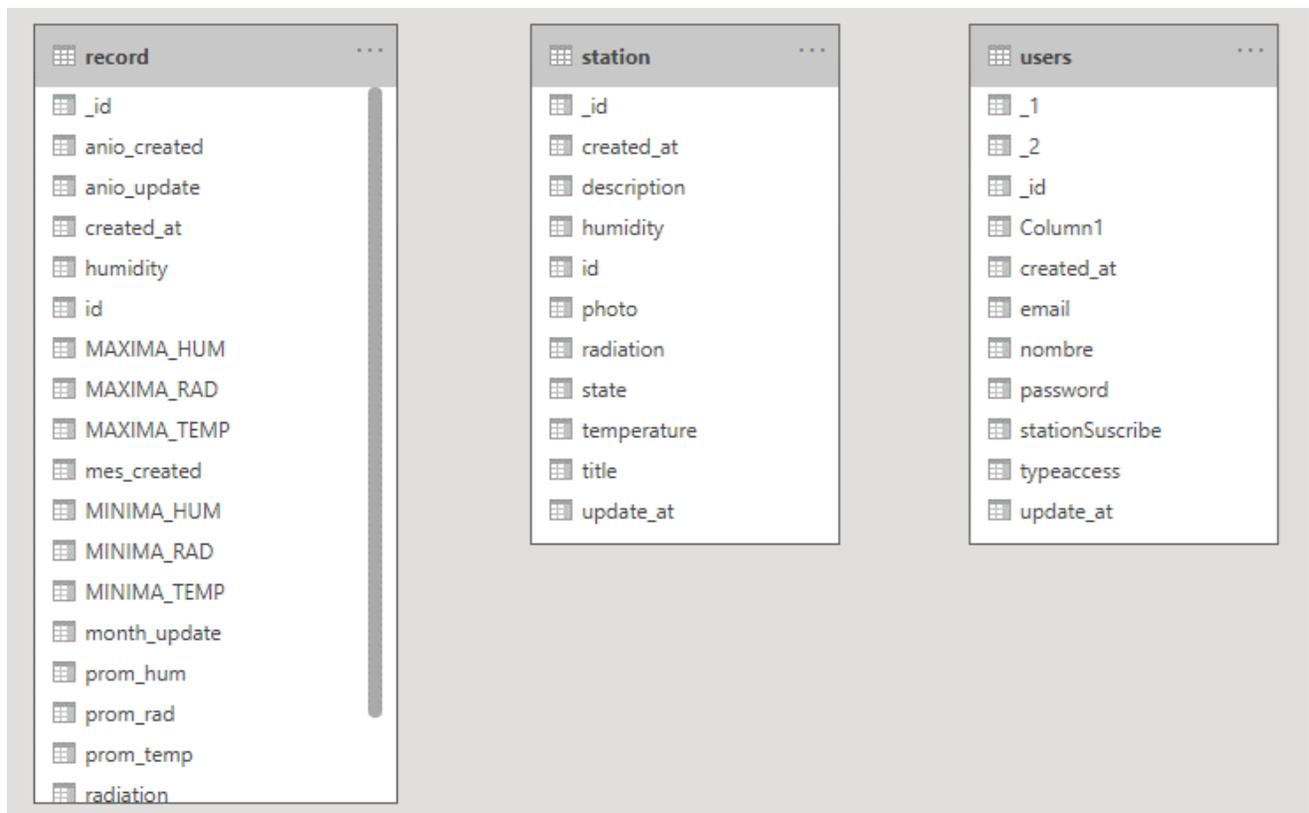
Se desarrollaron 3 Origenes de Datos provenientes de la base de datos no relacional , los cuales se incluyeron en el proyecto de inteligencia de negocios.

### Más recientes



**Imagen 20.** Orígenes de Datos del proyecto.

Para cada uno de los orígenes de datos se crearon nuevas medidas o measures y campos calculados para poder obtener una mejor representación de los datos como : promedios, mínimos, máximos.



**Imagen 21.** Modelo de Inteligencia de negocio utilizado.

Para las pruebas realizadas se ingresaron datos en cada una de las medidas y dimensiones tal como se muestra en las siguientes imágenes.

prom_hum ▾	prom_temp ▾	prom_rad ▾	MINIMA_TEMP ▾	MINIMA_RAD ▾	MINIMA_HUM ▾	MAXIMA_TEMP ▾	MAXIMA_RAD ▾
20	15	16	15	16	20	15	16

## Users

_id	nombre	email	password	typeaccess	stationSuscribe	update_at	created_at	Column1	_1	_2
ObjectId("5fce96094c91b937f869b776")	Administrador	admin@gmail.com	112df1df1df1df	1	[1"	2	3	4]"	2020-12-07T06:00:00.000Z"	2020-12-07T06:00:00.000Z"

## Station

_id	id	title	description	humidity	radiation	temperature	photo	state	update_at	created_at
ObjectId("5fce948a4c91b937f869b775")	1	Estacion 2	description1	15	16	20	http://localhost:8080/images	True	2020-12-07T06:00:00.000Z"	2020-12-07T06:00:00.000Z"

## Records

_id	id	temperature	humidity	radiation	updated_at	created_at	anio_update	anio_created	month_update
ObjectId("5fce96f14c91b937f869b777")	1	15	20	16	2020-12-07T06:00:00.000Z"	2020-12-07T06:00:00.000Z"	2020	2020	12

**Imagen 22.** Campos calculados creados en el proyecto.

Dichas medidas o datos de prueba fueron generados aleatoriamente simulando un ambiente parecido a las condiciones de un invernadero o estacion acuícola. Esto debido a que no se cuenta aún con la tecnología de Hardware y de red para el envío de datos; en la segunda fase se lograrán estos objetivos.

Al tener los dispositivos de medición terminados, estarán ubicados dentro del invernadero y estacion acuícola de la ENA, enviando datos de forma periódica, siendo registrados en la base de datos Big Data y posteriormente analizados.

## 8. CONCLUSIONES

La herramienta de software desarrollada en este proyecto ha impactado positivamente la manera en que se gestiona un invernadero y una estación acuícola, logrando con ello una forma de control automatizado para las mediciones de las variables microambientales de acuerdo con cada lugar (invernadero o estación acuícola).

En general, se ha llegado a las siguientes conclusiones:

1. Se logró realizar un estudio de requerimientos para la selección de las herramientas óptimas del proyecto, estableciendo Laravel como framework de desarrollo, Javascript y PHP.
2. Se diseñó un modelo informático con metodología de e-Agricultura en base a los requerimientos obtenidos por el grupo de trabajo y personal de la Escuela Nacional de Agricultura (ENA), el cual queda listo para ser integrado con las estaciones de monitoreo cuando éstas sean implementadas y se disponga de la infraestructura de red con LoRaWAN.
3. Se configuró todo el ambiente de producción con el grupo de trabajo del proyecto de investigación, teniendo un servidor seguro y confiable para el resguardo de los datos y la aplicación.
4. Se realizó la documentación respectiva que describe todo el proceso de investigación desarrollado.

5. Finalmente se concluye que esta investigación ayudará a la institución que la implemente, dotándola de una herramienta innovadora y de bajo costo para la mejora en los procesos productivos de un invernadero y estación acuícola; dejando abierta la posibilidad de incluir más instituciones en el trabajo con IoT.

## 9. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda implementar el sistema telemático con LoRaWAN en la ENA, viveristas o instituciones que se dedican al Agro, a fin de que puedan disponer de una herramienta completa que les ayude a mejorar sus procesos de cultivo utilizando tecnología de bajo costo y de fácil implementación.
2. Se recomienda profundizar en el estudio e implementación de redes LoRaWAN, la cual es de más bajo costo que una red WiFi y con mayor alcance. Para el ámbito de investigación hay una amplia gama de proyectos que pueden desarrollarse empleando esta tecnología.

## 10. GLOSARIO

### A

---

#### **Arduino**

Plataforma de prototipos electrónicos de código abierto que permite a los usuarios crear objetos electrónicos interactivos.

### B

---

#### **Bases de datos de tipo relacional**

Es un tipo de base de datos que cumple con el modelo relacional, que es el modelo más utilizado actualmente para implementar las Bases de Datos ya planificadas.

#### **Big Data**

Es un concepto que hace referencia al almacenamiento de grandes cantidades de datos y a los procedimientos usados para encontrar patrones repetitivos dentro de esos datos.

#### **Big Table**

Es un sistema de gestión de base de datos creado por Google con las características de ser: distribuido, de alta eficiencia y propietario.

#### **Business Intelligence**

Es un término genérico que incluye las aplicaciones, la infraestructura y las herramientas, y las mejores prácticas que permiten el acceso y el análisis de la información para mejorar y optimizar las decisiones.

## E

---

### **e-Agricultura**

Busca promover la sostenibilidad y seguridad alimentaria por medio del uso de las tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC).

### **Estación acuícola**

Es la infraestructura utilizada en la acuicultura. Son estanques en tierra o recubiertos en cemento, estos últimos son los más utilizados para clima frío.

## F

---

### **Framework**

Se podría traducir como marco de trabajo, es el esquema o estructura que se establece y que se aprovecha para desarrollar y organizar un software determinado.

## G

---

### **Grafo**

Representación simbólica de los elementos constituidos de un sistema o conjunto, mediante esquemas gráficos.

## H

---

### **humedad relativa (RH)**

Es la relación entre la presión parcial del vapor de agua y la presión de vapor de equilibrio del agua a una temperatura dada.

## I

---

### **Invernadero**

Está formado por una estructura metálica o de plástico cubierta por materiales translúcidos para conseguir la máxima luminosidad en el interior. Dentro de este invernadero obtendremos unas condiciones artificiales (microclima) que genera a las plantas una mayor productividad con un mínimo coste y en menos tiempo.

### **IoT**

Son las abreviaturas en inglés de Internet de las Cosas. Es un concepto que se refiere a una interconexión digital de objetos cotidianos con internet.

## L

---

### **LoRaWAN™**

Es una especificación para redes de baja potencia y área amplia.

## M

---

### **Microambiente**

Elementos internos que afectan en la capacidad de servir a sus clientes, es decir a la propia compañía, sus intermediarios o sus mercados meta. Ej. Proveedores, clientes, competidores y la imagen que tiene la empresa frente a otros productos.

### **MiPyme**

La pequeña y mediana empresa o pyme es una empresa que cuenta con ciertos límites ocupacionales y financieros prefijados por los Estados o regiones.

### **Modelo OSI**

El modelo de interconexión de sistemas abiertos.

### **MongoDB**

Es un sistema de base de datos NoSQL orientado a documentos, desarrollado bajo el concepto de código abierto.

## N

---

### **NoSQL**

Not Only SQL y son sistemas de almacenamiento que no cumplen con el esquema entidad-relación. Proveen un sistema de almacenamiento mucho más flexible y concurrente y permiten manipular grandes cantidades de información de manera mucho más rápida que las bases de datos relacionales.

## O

---

### **Oxígeno disuelto**

Es la cantidad de oxígeno disuelto en el agua.

## P

---

### **Ph**

Indica la acidez o alcalinidad, en este caso de un líquido como es el agua.

## R

---

### **Radiación**

Emisión de radiaciones luminosas, térmicas, magnéticas o de otro tipo.

### **Raspberry Pi**

Es un ordenador de placa reducida, ordenador de placa única u ordenador de placa simple de bajo costo desarrollado en el Reino Unido por la Raspberry Pi Foundation, con el objetivo de estimular la enseñanza de informática en las escuelas.

## S

---

### Sistema telemático

Es aquel que está formado por equipos informáticos conectados unos a otros mediante una red de telecomunicaciones, que consiste en una red de nodos ordenados para la comunicación tanto para cortas como para largas distancias.

## T

---

### Temperatura

Es una magnitud referida a la noción de calor medible mediante un termómetro.

## 11. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] “La e-Agricultura toma fuerza en los campos”, *El Economista*. [En línea]. Disponible en: <https://www.eleconomista.net/economia/La-e-Agricultura-toma-fuerza-en-los-campos-20170807-0110.html>. [Consultado: 11-feb-2020].
- [2] “Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura: FAO y Gobierno de El Salvador realizan el primer congreso de Big Data en la Innovación Agrícola | FAO en El Salvador | Food and Agriculture Organization of the United Nations”. [En línea]. Disponible en: <http://www.fao.org/elsalvador/noticias/detail-events/en/c/1253553/>. [Consultado: 11-feb-2020].
- [3] “Historia Escuela Nacional de Agricultura ‘Roberto Quiñónez’”, *Escuela Nacional de Agricultura ‘Roberto Quiñónez’*, 31-ene-2020. [En línea]. Disponible en: <http://ena.edu.sv>. [Consultado: 31-ene-2020].
- [4] media, “¿Qué es Business Intelligence (BI) y qué herramientas existen?” [En línea]. Disponible en: <https://blog.signaturit.com/es/que-es-business-intelligence-bi-y-que-herramientas-existen>. [Consultado: 31-ene-2020].
- [5] “Business Intelligence: 5 fases proceso análisis datos”, *Lexington*, 03-ene-2019. [En línea]. Disponible en: <https://www.lexington.es/blog/business-intelligence-proceso-analisis-datos>. [Consultado: 31-ene-2020].
- [6] “La E-agricultura, un campo emergente para mejorar la agricultura sustentable y seguridad alimentaria | Agronoticias: Actualidad agropecuaria de América Latina y el Caribe | Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura”. [En línea]. Disponible en: <http://www.fao.org/in-action/agronoticias/detail/es/c/1026654/>. [Consultado: 31-ene-2020].
- [7] M. López y J. César, “Condicionantes y posibilidades en el uso de las TIC. Estudio de caso de dos cooperativas de Chinamperos de Xochimilco, Ciudad de México, 2016”, ene. 2017.



## SEDE CENTRAL Y CENTROS REGIONALES EL SALVADOR



La Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE, fundada en 1969, es una institución estatal con administración privada, conformada actualmente por 5 campus: Sede Central Santa Tecla y cuatro centros regionales ubicados en Santa Ana, San Miguel, Zacatecoluca y La Unión.

### **1. SEDE CENTRAL SANTA TECLA**

Km. 11.5 carretera a Santa Tecla, La libertad.  
Tel.: (503) 2132-7400

### **2. CENTRO REGIONAL SANTA ANA**

Final 10a. Av. Sur, Finca Procavia.  
Tel.: (503) 2440-4348

### **3. CENTRO REGIONAL ZACATECOLUCA**

Km. 64.5, desvío Hacienda El Nilo sobre autopista a Zacatecoluca.  
Tel.: (503) 2334-0763 y 2334-0768

### **4. CENTRO REGIONAL SAN MIGUEL**

Km. 140 carretera a Santa Rosa de Lima.  
Tel.: (503) 2669-2298

### **5. CENTRO REGIONAL LA UNIÓN**

Calle Sta. María, Col. Belén, atrás del Instituto Nacional de La Unión  
Tel.: (503) 2668-4700