



Innovación 10x en el sector Agropecuario de Colombia

10X innovation in the colombian Agricultural sector

Javier Amaya, Diana Carreño, Ramón Amaya, Camilo Gualdrón, Laura Johana Castellanos Suárez, Eduard Alexander Guevara Burgos

Javier Ricardo Amaya

MSc. en Ingeniería y Gerencia de Sistemas de Manufactura – Investigador principal - IEF S.A.S – ceo.ief@gmail.com

Diana Katherine Carreño

Administradora de negocios internacionales – Directora de Operaciones

Ramón Amaya Pérez

Técnico en Electricidad – Director del proyecto

Camilo Elias Gualdrón

Ingeniero Mecánico – cega088@gmail.com

Laura Johana Castellanos Suárez

Ingeniera Química – Lcastellanoss@Sena.Edu.Co

Eduard Alexander Guevara Burgos

Instructor – Centro de Atención al Sector Agropecuario – eaburgos@sena.edu.co

Líder SENNOVA – Centro de Atención al Sector Agropecuario – Servicio Nacional de Aprendizaje SENA – lcastellanoss@sena.edu.co

6Instructor – Centro de Atención al Sector Agropecuario – Servicio Nacional de Aprendizaje SENA – eaburgos@sena.edu.co

Resumen

Presentamos al lector el caso de estudio de innovación y desarrollo de una empresa colombiana, Inversiones El Fical (IEF). Durante los años 2018 y 2019, IEF desarrolló el proyecto ISMOC, un programa de innovación y desarrollo (I+D) patrocinado por el programa SENNOVA, para incrementar 10 veces la producción de Tilapia en una instalación rural en el Playón, Santander. Para ello, presentamos en detalle el proceso, los objetivos y los resultados de la innovación. Partimos desde la captura de requerimientos necesarios para realizar innovación con impacto en el proceso productivo de la tilapia. Avanzamos hacia la digitalización de la medición de pH, O2 y Temperatura en los estanques, hasta finalizar con el control automático y la puesta en línea del sistema. Concluimos reflexionando sobre los hallazgos y desafíos, técnicos y organizacionales, a los que las PYMES se pueden enfrentar al realizar procesos de innovación. De esta forma, resaltamos el éxito del programa y describimos las condiciones necesarias para la expansión de proyectos de innovación en el sector agropecuario.

Palabras clave: Producción piscícola, Innovación, I+D, Agricultura 4.0, Transformación digital.

Introducción

En el 2015, la Organización de las Naciones Unidas (ONU) presentó la nueva agenda para el desarrollo 2030 compuesta por 17 objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y 169 metas [1]. Una agenda que busca combatir la pobreza, la desigualdad, el analfabetismo, la degradación ambiental y el hambre, entre otros – problemáticas que afectan particularmente a los países en desarrollo. En respuesta a estos

Summary

We present the case study of an innovation process in a Colombian company, Inversiones El Fical (IEF). During 2018 and 2019, IEF developed ISMOC, a research and development project sponsored by SENNOVA to increase 10 times the production of Tilapia in a rural facility at El Playón, Santander. To that end, we detail the process, goals and results of the innovation programme. We start by describing the requirements' capture for developing impactful innovation in the tilapia value chain. Then, we present the way pH, O2 and temperature sensor monitoring was interconnected with cloud services and introduce the real-time blowers automatic control deployed. Following, we introduce the technical and organisational findings/challenges that SMEs might face when adopting innovation practices. Finally, we highlight the success of the program and describe the required conditions to expand innovation programmes in the agricultural sector.

Keywords: Fish Production, Innovation, R&D, Agriculture 4.0, Digital Transformation.

Introduction

In 2015, the United Nations Organization (UN) presented the new 2030 development agenda composed of 17 Sustainable Development Goals (SDGs) and 169 goals [1]. An agenda that seeks to combat poverty, inequality, illiteracy, environmental degradation and hunger, among others - problems that particularly affect developing countries. In response to these issues, different organizations and scientific

planteamientos, diferentes organizaciones y comunidades científicas han liderado una tendencia global hacia la investigación e implementación de tecnologías de punta, para el mejoramiento agropecuario y el incremento de la seguridad alimentaria; que demanda la creciente población. Particularmente, en el caso de cultivo de peces, dichas investigaciones han resultado en dos áreas principales de desarrollo: (1) mejoras en la genética/selección de los animales, y (2) mejoras en las tecnologías del proceso productivo, la cadena de valor y la comercialización (bajo estándares como Industria 4.0 e Internet de las cosas). En ambos casos, estos progresos son el fruto de investigaciones de escala mundial liderados por países potencia y comunidades político-económicas. Un epitome de estas investigaciones es FISHBOOST [2], un proyecto financiado por la Unión Europea en el que colaboran empresas productoras con investigadores para desarrollar herramientas para la mejora genética y cría selectiva en acuicultura.

Sin embargo, la implementación de los proyectos de mejora agropecuaria se ha centrado en países desarrollados, teniendo poca difusión y transferencia de conocimiento hacia los países en vía de desarrollo, quienes son los que más padecen de afecciones sociales como la pobreza, el hambre y la desigualdad.

Con el fin de iniciar a solventar la problemática de difusión de desarrollos tecnológicos para el fomento social, económico y ambiental en Colombia, la empresa Inversiones El Fical, en colaboración con SENNOVA, lanza el proyecto ISMOC (Desarrollo de un Sistema Inteligente para el Monitoreo, Optimización y Control de la producción de tilapia roja), un

communities have led a global trend towards the research and implementation of cutting-edge technologies, for the improvement of agriculture and the increase of food security; that the growing population demands. Particularly, in the case of fish farming, such research has resulted in two main areas of development: (1) improvements in the genetics / selection of animals, and (2) improvements in the technologies of the production process, the value chain and marketing (low standards such as Industry 4.0 and Internet). In both cases, these developments are the result of world-class research led by potential countries and political-economic communities. An epitome of these investigations is FISHBOOST [2], a project funded by the European Union in which production companies collaborate with researchers to develop tools for genetic improvement and selective breeding in aquaculture.

However, the implementation of agricultural improvement projects has focused on developed countries, having little diffusion and transfer of knowledge to developing countries, who suffer the most from social conditions such as poverty, hunger and inequality.

In order to start solving the problem of dissemination of technological developments for social, economic and environmental development in Colombia, Inversiones El Fical, in collaboration with SENNOVA, releases the ISMOC project (Development of an Intelligent System for Monitoring, Optimization and Control of the production of red tilapia), a project that seeks to develop a pilot to increase fish production through the implementation of environmentally friendly technologies and easy application for the peasantry.

proyecto que busca desarrollar un piloto para aumentar la producción piscícola a través de la implementación tecnologías amigables con el medio ambiente y de fácil aplicación para el campesinado.

Con el propósito de transferir el conocimiento resultante del proyecto, en este artículo, se presenta el caso de estudio de IEF y del proyecto ISMOC. El artículo busca presentar cómo, a partir de las tendencias mundiales de innovación, la empresa logró enmarcar los conceptos de innovación en la práctica y diseñar soluciones personalizadas para las necesidades del campo colombiano. Igualmente, se presentan los beneficios resultantes de dicho proceso, y los desafíos a los que se pueden enfrentar las pequeñas y medianas empresas (PYMEs) al desarrollar actividades de innovación.

Este artículo está organizado en cuatro secciones. Primero, se introduce el contexto de estudio, presentando los antecedentes de la empresa y las características del proceso productivo sujeto a innovación. Segundo, se introduce una reflexión técnica, que explica de manera práctica y condensada, el estado del arte, las necesidades de innovación y los resultados de la implementación del proyecto. Tercero, se presenta una pequeña reflexión organizacional, en donde se presentan los desafíos a los que la organización se enfrentó a lo largo del proyecto. Concluimos con la presentación de los aspectos críticos a considerar durante un proceso de innovación y las estrategias que se pueden utilizar para desarrollar el sector.

With the purpose of transferring the resulting knowledge of the project, in this article, the case study of IEF and the ISMOC project is presented. The article intends to present how, based on global innovation trends, the company framed the concepts of innovation in practice and design customized solutions for the needs of the Colombian countryside. Likewise, the benefits resulting from this process are presented, and the challenges that small and medium-sized enterprises (SMEs) can face when developing innovation activities.

This article is organized in four sections. First, the study context is introduced, presenting the company's background and the characteristics of the production process subject to innovation. Second, a technical reflection is introduced, which explains in a practical and condensed way, the state of the art, the needs of innovation and the results of the project implementation. Third, a small organizational reflection is presented, where the challenges that the organization faced throughout the project are presented. We conclude with the presentation of the critical aspects to consider during an innovation process and the strategies that can be used to develop the sector.

1.1 ANTECEDENTES DE LA EMPRESA Y EL PROCESO DE INNOVACIÓN

Inversiones el Fical (de acá en adelante abreviada como IEF) es una PYME santandereana creada en el 2013, dedicada al desarrollo acuícola y a la producción pecuaria. La dirección administrativa de la organización está ubicada en la ciudad de Bucaramanga, mientras que las instalaciones piscícolas en el municipio del Playón, Santander. En ambas facilidades se emplea personal local con el fin de impulsar el desarrollo de la región y fortalecer los vínculos entre el sector rural y urbano. En el año 2017 la empresa participó en un concurso público llamado SENNOVA, un programa patrocinado por el SENA que busca apoyar a las empresas colombianas para realizar proyectos de alto impacto a partir de la innovación y desarrollo (I+D). IEF participó con la propuesta del proyecto ISMOC para erigir una planta de tilapia inteligente piloto en las facilidades del Playón, Santander.

El SENA y los operadores regionales (en el caso de Santander, el centro de productividad y competitividad del oriente – CPC), realizaron una evaluación administrativa, jurídica y técnica de las 20.000 propuestas recibidas. Después de filtrar, evaluar y clasificar las ideas con más potencial, el SENA y el CPC seleccionaron a IEF y a otras 19 compañías en el centro oriente de Colombia para que llevaran a cabo sus proyectos y fueran el heraldo de la innovación en el país.

La dirección de I+D de IEF dividió el de ISMOC en 6 paquetes de trabajo, cada uno con objetivo particular, y adoptó una metodología ágil. Esta selección de manejo administrativo le permitió simplificar la complejidad del megaproyecto, disminuir las interacciones burocráticas

1.1 COMPANY BACKGROUND AND THE INNOVATION PROCESS

Inversiones el Fical (hereinafter abbreviated as IEF) is a Santander SME created in 2013, dedicated to aquaculture development and livestock production. The administrative direction of the organization is located in the city of Bucaramanga, while the fish farm facilities are in the municipality of Playón, Santander. In both facilities, local personnel are employed in order to boost the development of the region and strengthen the links between the rural and urban sectors. In 2017, the company participated in a public contest called SENNOVA, a program sponsored by SENA that seeks to support Colombian companies to carry out high-impact projects based on innovation and development (R&D). IEF participated with the proposal of the ISMOC project to erect a pilot smart tilapia plant in the facilities of Playón, Santander.

SENA and the regional operators (in the case of Santander, the center of productivity and competitiveness of the East - CPC), carried out an administrative, legal and technical evaluation of the 20,000 proposals received. After filtering, evaluating and classifying the ideas with the most potential, SENA and CPC selected IEF and 19 other companies in central eastern Colombia to carry out their projects and be the herald of innovation in the country.

The IEF R&D Division divided the ISMOC into 6 work packages, each with a particular objective, and adopted an agile methodology. This selection of administrative management allowed it to simplify the complexity of the megaproject, reduce bureaucratic interactions and increase the rates of achievement of results.

y aumentar las tasas de consecución de resultados.

1.2 GENERALIDADES SOBRE EL CULTIVO DE TILAPIA

La tilapia es un pez teleósteo del orden perciforme, perteneciente a la familia Cichlidae, originario de África. Esta especie habita en la mayor parte de las regiones tropicales del mundo, donde las condiciones son favorables para su reproducción y crecimiento. Estos peces viven en aguas cálidas y su óptimo desarrollo se logra en temperaturas superiores a los 20° C. La tilapia vive tanto en aguas dulces como salobres e incluso pueden acostumbrarse a las aguas poco oxigenadas. Se puede cultivar en estanques o en jaulas, soporta altas densidades, resiste condiciones ambientales adversas, tolera bajas concentraciones de oxígeno, es capaz de utilizar la potencialidad alimenticia de los estanques y puede ser manipulada genéticamente [3].

El desarrollo de este híbrido permitió obtener muchas ventajas sobre otras especies, como alto porcentaje de masa muscular, filete grande, ausencia de espinas intramusculares, crecimiento rápido, adaptabilidad al ambiente, resistencia a enfermedades, excelente textura y coloración de carne, con muy buena aceptación en el mercado, facilidad en la reproducción, desovan durante todo el año. Larvas precociales (con abundante vitelo) las cuales asimilan eficientemente el alimento artificial desde el inicio de la alimentación exógena gracias a que presentan el tracto digestivo diferenciado y, por lo tanto, son menos dependientes del zooplancton para el proceso de digestión.

1.2 GENERAL INFORMATION ABOUT TILAPIA FARMING

Tilapia is a teleosteo fish of the perciform order, belonging to the Cichlidae family, originally from Africa. This species inhabits most of the tropical regions of the world, where conditions are favorable for reproduction and growth. These fish live in warm waters and their optimal development is achieved in temperatures above 20 ° C. Tilapia lives in both fresh and brackish waters and can even get used to low-oxygen waters. It can be farmed in ponds or in cages, withstands high densities, withstands adverse environmental conditions, tolerates low oxygen concentrations, is able to utilize the food potential of ponds and can be genetically manipulated [3].

The development of this hybrid allowed to obtain many advantages over other species, such as high percentage of muscle mass, large fillet, absence of intramuscular spines, rapid growth, adaptability to the environment, resistance to diseases, excellent texture and coloring of meat, with very good acceptance in the market, ease in reproduction, spawn throughout the year. Precocial larvae (with abundant vitellum) which efficiently assimilate artificial food from the beginning of exogenous feeding because they have a differentiated digestive tract and, therefore, are less dependent on zooplankton for the digestion process.

Although tilapia can be acquired through commercial fishing, the market is dominated by aquaculture practices, since greater control is obtained over the physicochemical aspects that can affect the quality of the final product and the impact on native ecosystems is diminished.

Aunque la tilapia puede ser adquirida a través de la pesca comercial, el mercado está dominado por prácticas acuícolas, ya que se obtiene un mayor control sobre los aspectos físicoquímicos que pueden afectar la calidad del producto final y se disminuye el impacto sobre los ecosistemas nativos. La acuicultura es el proceso de cría de peces, crustáceos, moluscos y especies vegetales en ambientes controlados. Se desarrolló desde hace más de 4000 años. De acuerdo con la FAO [4], sus orígenes se remontan a China, donde se presume que surge a partir del deseo de los pescadores de mantener sus presas vivas temporalmente usando canastas sumergidas en el río o pequeñas represas en el lecho de este. Los chinos que emigraron hacia países en el sur de Asia llevaron el conocimiento e inspiraron nuevas prácticas como cultivos en aguas salobre, esparciendo hacia filipinas donde se ha desarrollado en más detalle por 300 a 400 años [5]

1.3 INVESTIGACIÓN SOBRE LA INDUSTRIA 4.0 Y AGRICULTURA 4.0

El proceso de innovación en IEF comenzó con la investigación del estado del arte de las tecnologías que podrían ser utilizados en los procesos productivos y las últimas tendencias en desarrollo. La investigación arroja conceptos como Industria 4.0 o Cuarta Revolución Industrial [6]–[9]; Internet de las cosas [10]–[12], y Agricultura de Precisión [13]–[16]. Algunos autores marcan una distinción clara entre cada uno de estos conceptos, incluso separando las definiciones de Industria 4.0 y cuarta revolución industrial (por ejemplo el World Economic Forum, WEF y Schwab, 2016). Sin embargo, en sus fundamentos, todos comparten tecnologías

Aquaculture is the process of raising fish, crustaceans, mollusks and plant species in controlled environments. It was developed for more than 4000 years. According to FAO [4], its origins date back to China, where it is presumed that it arises from the desire of fishermen to keep their prey temporarily alive using baskets submerged in the river or small dams in the east bed. The Chinese who emigrated to countries in South Asia brought knowledge and inspired new practices such as brackish water crops, spreading to the Philippines where it has been developed in more detail for 300 to 400 years [5]

1.3 RESEARCH ON INDUSTRY 4.0 AND AGRICULTURE 4.0

The innovation process in IEF began with the investigation of the state of the art of technologies that could be used in production processes and the latest trends in development. The research yielded concepts such as Industry 4.0 or Fourth Industrial Revolution [6]–[9]; Internet of things [10]–[12], and Precision Agriculture [13]–[16]. Some authors make a clear distinction between each of these concepts, including separating the definitions of Industry 4.0 and the fourth industrial revolution (for example, the World Economic Forum, WEF and Schwab, 2016). However, in its foundations, all share similar technologies and principles. For the purposes of this article, we consider that all concepts can be encapsulated within the industry 4.0 standard (I4.0). In the end, IoT and precision agriculture are one of the technologies and an application of I4.0 respectively. Fundamentally, the defenders of Industry 4.0 explain that throughout history there have been four great inventions that have formed the waves of productive advances (see the example of Sniderman, Mahto and Cotteleer,

y principios similares. Para efectos de este artículo, consideramos que todos los conceptos pueden encapsularse dentro del estandarte de industria 4.0 (I4.0). Al final de cuentas, IoT y la agricultura de precisión son una las tecnologías y una aplicación de I.40 respectivamente. Fundamentalmente, los defensores de Industria 4.0 explican que a lo largo de la historia han ocurrido cuatro grandes invenciones que han formado las olas de avances productivos (ver por ejemplo Sniderman, Mahto and Cotteleer, 2016). La primera revolución industrial nació con la invención del motor de vapor, la cual permitió la introducción de la producción mecánica industrial. La segunda revolución surgió a partir de la introducción de la energía eléctrica, la cual permitió lograr sistemas de producción masivos. La tercera se catalizó con el uso de sistemas electrónicos y de tecnologías de comunicación, permitiendo la interconexión global, las operaciones internacionales y la comunicación instantánea. Finalmente, la llamada cuarta revolución industrial, es un término acuñado por Henning Kagermann , Wolfgang Wahlster , and Wolf-Dieter Lukas en la feria de Hannover en 2011. Los promotores de este término argumentan que las tecnologías digitales tales como los sistemas ciber-físicos, análisis de datos e inteligencia artificial [19, p. 3], [20], [21] y la computación en la nube entre otros, están cambiando la forma en la que organizamos la sociedad [22]–[25]. De acuerdo a la consultora Mckinsey & Co, la Industria 4.0 está impulsada por 4 grandes disrupciones: (1) el increíble aumento de los volúmenes de datos, la potencia computacional y su conectividad, especialmente las nuevas redes de baja potencia y largo alcance; (2) la emergencia de las capacidades de “analytics” y “business intelligence”; (3) las nuevas formas de

2016).The first industrial revolution was born with the invention of the steam engine, which allowed the introduction of industrial mechanical production. The second revolution arose from the introduction of electric power, which allowed to achieve massive production systems. The third was catalyzed with the use of electronic systems and communication technologies, allowing global interconnection, international operations and instant communication. Finally, the so-called fourth industrial revolution is a term coined by Henning Kagermann , Wolfgang Wahlster ,and Wolf-Dieter Lukas at the Hannover fair in 2011. The promoters of this term argue that digital technologies such as cyber-physical systems, data analysis and artificial [19, p. 3], [20], [21] and cloud computing among others, are changing the way we organize society [22]–[25]. According to the consulting firm Mckinsey & Co, Industry 4.0 is driven by 4 major disruptions: (1) the incredible increase in data volumes, computing power and connectivity, especially the new low-power and long-range networks; (2) the emergence of the capabilities of “analytics” and “business intelligence”; (3) the new forms of interaction between Man-Machine such as tactile interfaces and augmented reality; and (4) improvements in the transfer of digital instructions to the real world, such as advanced robotics and 3D printers [26].

This innovation wave is considered a revolution because, like the old industrial revolutions, it generates a socioeconomic change, including. the increase of the productivity in the companies, the promotion of the agroindustrial development, and the reorganization of the division of the work in social and formal organizations. In particular, Industry 4.0 is a transformation that seeks to obtain data from multiple devices and analyze

interacción entre Hombre-Máquina tales como interfaces táctiles y realidad aumentada; y (4) las mejoras en la transferencia de instrucciones digitales al mundo real, tales como robótica avanzada e impresores 3D [26].

Esta ola de innovación es considerada una revolución porque, al igual que las antiguas revoluciones industriales, genera un cambio socioeconómico, incluyendo el incremento de la productividad en las empresas, la promoción del desarrollo agroindustrial, y la reorganización de la división del trabajo en organizaciones sociales y formales. En particular, la Industria 4.0 es una transformación que busca obtener datos de múltiples dispositivos y analizarlos conjuntamente para obtener procesos más rápidos, flexibles y eficientes que produzcan bienes de mayor calidad a menor precio. Algunos han ido más allá y han catalogado la industria 4.0 como “la siguiente fase en la digitalización del sector manufacturero [y en general el sector Agrícola e Industrial]” [27].

Aunque en estas etapas es difícil discernir si la Industria 4.0 es una realidad visionaria o un caso de uso político del discurso para domesticar y comercializar un futuro [28], es importante reconocer que el concepto es notable y que ha sobresalido en diferentes sectores industriales y de consultoría.

En el 2015, McKinsey & Co realizó un estudio de mercado para entender el alcance y la penetración de la Industria 4.0. El estudio se aplicó sobre una población de 300 compañías líderes y encontró que 48% de los productores y 78% de los proveedores consideran que han hecho preparaciones y que ya están listos para la Industria 4.0 [29]. Similarmente, la

them together to obtain faster, more flexible and efficient processes that produce higher quality goods at a lower price. Some have gone further and have classified industry 4.0 as “the next phase in the digitalization of the manufacturing sector [and in general the Agricultural and Industrial sector]” [27].

Although at these stages it is difficult to discern whether Industry 4.0 is a visionary reality or a case of political use of discourse to tame and commercialize a future [28], it is important to recognize that the concept is remarkable and that it has excelled in different industrial sectors and of consulting.

In 2015, McKinsey & Co conducted a market study to understand the scope and penetration of Industry 4.0. The study was applied to a population of 300 leading companies and found that 48% of the producers and 78% of the suppliers consider that they have made preparations and that they are ready for Industry 4.0 [29]. Similarly, the firm PricewaterhouseCoopers (PwC) conducted a study in which more than 2000 companies were surveyed in 26 countries around the world. The company found that 33% of organizations have already reached an optimum level of digitalization to make a profit, and 72% expect to do so before 2020. Similarly, the study shows that 35% of companies expect to increase their profits above 20% in the next 5 years, and 43% of companies expect to reduce their costs by more than 20% over the next 5 years [30], [31].

In the particular case of agriculture, several projects have been developed aiming at creating smart farms. To illustrate, companies such as BOSCH and thingworx have developed sensors

firma PricewaterhouseCoopers (PwC) realizó un estudio en el cual se encuestaron más de 2000 empresas en 26 países alrededor del mundo. La empresa encontró que 33% de las organizaciones ya han alcanzado un nivel de digitalización óptimo para conseguir ganancias, y 72% esperan hacerlo antes del 2020. Igualmente, el estudio muestra que 35% de las empresas espera incrementar sus ganancias por encima de un 20% en los próximos 5 años, y 43% de las empresas espera disminuir sus costos en más de 20% durante los próximos 5 años [30], [31].

En el caso particular de la agricultura, varios proyectos han sido desarrollados apuntándole a crear granjas inteligentes. Para ilustrar, compañías como BOSCH y thingworx, han desarrollado sensores y plataformas que permiten monitorear remotamente sensores que miden la humedad del suelo, el crecimiento de los cultivos al igual que controlar cosechadoras automáticas y utilizar inteligencia artificial para hacer un análisis rápido de las condiciones climáticas que permiten tomar decisiones más rápidas y acertadas.

La importancia de implementar sistemas automáticos para el control y monitoreo del estado de los peces en cultivos piscícolas está bien establecida en Colombia. En el 2012, el instructor del SENA Jesús Rodríguez y los aprendices del Departamento del Cesar, Darlin Acosta y Javier Avendaño crearon un sistema capaz de monitorear el estado de los peces en un cultivo de mojarra de la región. Dicho sistema, fue capaz de tomar decisiones con base en las mediciones de pH en los estanques, y de esta manera, mejorar el confort de los peces.

Además del proyecto del SENA, existen otras

and platforms that allow remotely monitoring sensors that measure soil moisture, crop growth as well as controlling automatic harvesters and using artificial intelligence to quickly analyze weather conditions. which allow faster and more accurate decisions.

The importance of implementing automatic systems for the control and monitoring of the status of fish in fish farming is well established in Colombia. In 2012, SENA instructor Jesús Rodríguez and the apprentices of the Department of Cesar, Darlin Acosta and Javier Avendaño created a system capable of monitoring the state of the fish in a mojarra crop in the region. This system was able to make decisions based on the pH measurements in the ponds, and in this way, improve the comfort of the fish.

In addition to the SENA project, there are other fish farming initiatives in which automation has been implemented as a source of improvement, however, these developments have been limited to local applications. For example, in the Piscícola María del Mar, and Piscícola New York in Neiva, Huila, services of the multinational company Innovaqua have been implemented. to improve crop production at fattening stations located above the Bethany dam.

Although these illustrations are limited in technological level compared to other countries, they constitute the first steps towards a transformation of smart fish farms in Colombia framed under the herald of Industry 4.0.

The innovation methodology adopted by IEF consisted of an innovation process in which three 3 macro activities were carried out over a year: (1) the capture of needed requirements to perform innovation with an impact on the tilapia

iniciativas piscícolas en las cuales se han implementado la automatización como fuente de mejora, sin embargo, dichos desarrollos han estado limitados a aplicaciones locales. Por ejemplo, en las Piscícola María del Mar, y Piscícola New york en Neiva, Huila, se han implementado servicios de la empresa multinacional Innovaqua. para mejorar la producción de los cultivos en las estaciones de engorde ubicadas sobre la represa de Betania.

A pesar de que estas ilustraciones son limitadas en nivel tecnológico en comparación a otros países, constituyen los primeros pasos hacia una transformación de granjas piscícolas inteligentes en Colombia enmarcadas bajo el heraldo de Industria 4.0.

La metodología de innovación adoptada por IEF consistió en un proceso de innovación en el que se realizaron tres 3 macro actividades distribuidas a lo largo de un año: (1) la captura de requerimientos necesarios para realizar innovación con impacto en el proceso productivo de la tilapia; (2) digitalización de la toma de medidas de pH, O2 y Temperatura en los estanques; y (3) el control automático y la puesta línea del sistema.

Materiales y Método

2.1 PROCESO DE IDEACIÓN Y CAPTURA DE REQUERIMIENTOS

Con base en el análisis de las tecnologías disponibles en el mercado, IEF diseñó un programa de innovación centrado en las fases de levante, pre-engorde y engorde source Para

Materiales y Method

production process ; (2) digitalization of the measurement of pH, O2 and Temperature in the ponds; and (3) automatic control and system line setting.

2.1 IDEATION PROCESS AND CAPTURE OF REQUIREMENTS

Based on the analysis of the technologies available in the market, IEF designed an innovation program focused on the lifting, pre-fattening and fattening phases (see Figure Error! Reference source not found). In order to understand in depth the problems that are faced in these stages, IEF carried out a Design Thinking process with a diverse group of representatives, including farmers from different parts of the tilapia value chain, entrepreneurs and researchers.

These Design thinking workshops showed that the biggest challenge we face lies in the fact that the national production is mostly extensive, that is, with a low planting density per square meter (less than 4 fish per square meter). These characteristics of the crop lead to low productivity and consequently, to a low profitability that affects the national producer. For this reason, it was concluded that the technology process should focus on increasing the productivity of rural farms.

However, the workshops also showed that the implementation of intensive and super intensive practices also poses problems for the producer. These problems vary from lack of knowledge of new intensive practices, to the need for sources to ensure adequate dissolved oxygen levels all the time.

entender a profundidad los problemas que se enfrentan en estas etapas, IEF realizó un proceso de Design Thinking con un grupo diverso de representantes, incluyendo agricultores de diferentes partes de la cadena de valor de la tilapia, empresarios e investigadores. Estos talleres de Design thinking arrojaron que el desafío más grande al que nos enfrentamos yace en que la producción nacional es mayoritariamente extensiva, es decir con poca densidad de siembra por metro cuadrado (menos de 4 peces por metro cuadrado). Estas características del cultivo llevan a bajas productividades y consiguientemente, a una baja rentabilidad que afecta al productor nacional. Por esta razón, se concluyó que el proceso de tecnología debe enfocarse en incrementar la productividad de las granjas rurales.

Sin embargo, los talleres también mostraron que la implementación de prácticas intensivas y súper intensivas, también plantea problemas para al productor. Estos problemas varían desde la falta de conocimiento de nuevas prácticas intensivas, hasta la necesidad de contar con fuentes para asegurar niveles de oxígeno disuelto adecuados todo el tiempo.

Para darle solución a las problemáticas presentadas anteriormente, en el proyecto ISMOC, IEF buscó alcanzar las siguientes metas:

1. Determinar los aspectos fisicoquímicos críticos para la cría y desarrollo de peces.
2. Medir continua y automáticamente los parámetros críticos del agua.
3. Configurar las alertas críticas y la toma de decisiones instantáneas, extendiendo las pruebas en cultivos súper-intensivos.
4. Interconectar los dispositivos entre sí y a una red con base en la nube para control remoto.

To solve the problems presented above, in the ISMOC project, IEF sought to achieve the following goals:

1. Determine the physicochemical aspects critical for the breeding and development of fish.
2. Measure continuously and automatically the critical water parameters.
3. Configure critical alerts and instant decision making, extending the tests in super-intensive crops.
4. Interconnect the devices with each other and to a cloud-based network for remote control.

2.2 MEASUREMENT OF THE CRITICAL PHYSICOCHEMICAL PARAMETERS TO CONTROL IN THE TILAPIA CULTURE

In the first phase of ISMOC, the influence of the nutrients and physicochemical parameters of the water in the intensive fish cultures was observed (see summary in Table 1). It was shown that the most important parameter in tilapia farming is dissolved oxygen. On the other hand, although ammonia is a critical value, the probability of lethal levels being reached is very low even in intensive crops. Ammonia levels become sublethal, but not critical, only in crops with high protein diets. In addition, the measurement costs of ammonia are high, due to the price of the sensors and the spare parts that must be changed periodically to ensure an optimal measurement.

However, prolonged exposure to sublethal values reduces growth and increases susceptibility to diseases. Therefore, IEF decided not to carry out continuous measurements on ammonia values, but rather, to perform automatic daily

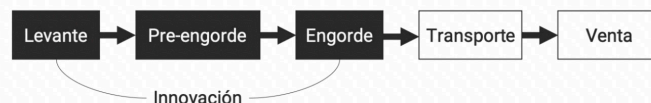
2.2 MEDICIÓN DE LOS PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS CRÍTICOS PARA CONTROLAR EN EL CULTIVO DE TILAPIA

En la primera fase de ISMOC, se observó la influencia de los nutrientes y parámetros fisicoquímicos del agua en los cultivos intensivos de peces (ver resumen en Tabla 1). Se notó que el parámetro más importante en el cultivo de tilapia es el oxígeno disuelto. Por otro lado, aunque el amoníaco es un valor crítico, la probabilidad de que se alcance niveles letales es muy baja incluso en cultivos intensivos. Los niveles de amoníaco llegan a ser subletales, mas no críticos, solo en cultivos con dietas altas en proteínas. Además, los costos de medición de amoníaco son elevados, debido al precio de los sensores y de los repuestos que deben ser cambiados periódicamente para garantizar una medición óptima.

No obstante, la exposición prolongada a valores subletales reduce el crecimiento e incrementa la susceptibilidad a enfermedades. Por lo tanto, IEF decidió no realizar mediciones continuas sobre los valores de amoníaco, más sí, realizar limpiezas diarias automáticas con electroválvulas comandadas por el sistema de control instalado en la Raspberry Pi (la cual se explica a continuación en la sección, 2.2.1)

cleaning with solenoid valves commanded by the control system installed in the Raspberry Pi (which is explained below in section, 2.2.1)

PROCESO PRODUCTIVO DE LA TILAPIA



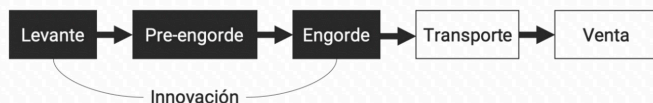
2.2.1 DIGITALIZATION OF THE MEASUREMENT OF WATER PHYSICOCHEMICAL PARAMETERS.

Para la medición del pH, la temperatura y el oxígeno disuelto en los pozos, se decidió implementar sensores que permitan una instalación IoT. A continuación, presentamos el criterio utilizado por el equipo de diseño de la empresa para realizar seleccionar los sensores a manejar:

For the measurement of pH, temperature and dissolved oxygen in the wells, it was decided to implement sensors that allow an IoT installation. Next, we present the criteria used by the company's design team to select the sensors to handle:

- Accuracy
- Fast answer
- Easy calibration
- Waterproof
- Robust construction
- Automatic temperature compensation
- Manual salinity compensation
- Manual compensation of barometric pressure
- Measures from 0 to 200 percent saturation
- Easy cable and probe change

PROCESO PRODUCTIVO DE LA TILAPIA



2.2.1 DIGITALIZACIÓN DE LA MEDICIÓN DE LOS PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS DEL AGUA.

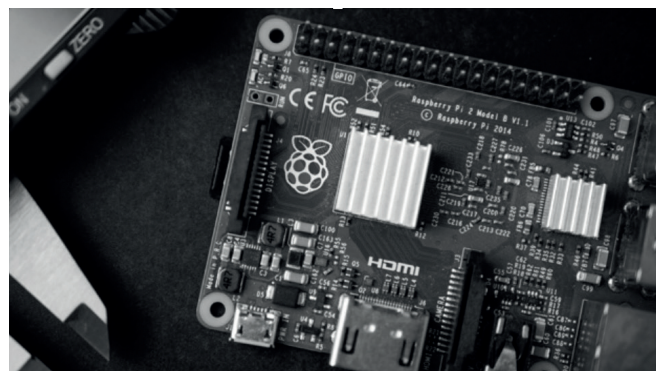
Para la medición del pH, la temperatura y el oxígeno disuelto en los pozos, se decidió implementar sensores que permitan una instalación IoT. A continuación, presentamos el criterio utilizado por el equipo de diseño de la empresa para realizar seleccionar los sensores a manejar:

- Precisión
- Respuesta rápida
- Facilidad de calibración
- Resistencia al agua
- Construcción robusta
- Compensación automática de la temperatura
- Compensación manual de la salinidad
- Compensación manual de la presión barométrica
- Medidas de 0 a 200 por ciento de saturación
- Fácil cambio del cable y de la sonda

Una vez seleccionados los sensores, se procedió a diseñar el sistema de control. A pesar de que los sistemas PLC son altamente

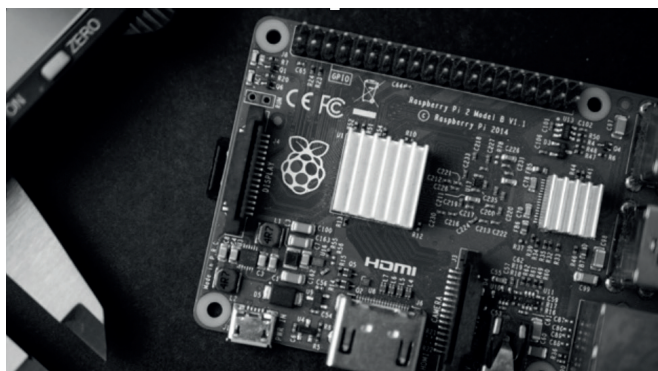
Once the sensors were selected, the control system was designed. Although PLC systems are highly reliable, they also exhibit high costs that make them unenforceable for control projects in small or medium-sized rural facilities. Therefore, we proceed to use a Raspberry pi

Figure 2 Raspberry pi3 was used in the Project. Photo of Harrison Broadbent on Unsplash
Using a Raspberry Pi3 has the advantage that it can be used as a data record. Data logging can be displayed on a real-time LCD screen and using historical methods. In addition, the Raspberry pi3 can run on power banks, as it requires only about 10 watts with a standard 5-volt cell charger.



2.3 CONFIGURATION OF CRITICAL ALERTS AND AUTOMATIC CONTROL

There are different ways to control dissolved oxygen levels in Tilapia ponds. The most common are to make continuous water replacements that have water saturated in dissolved oxygen; use mechanical aeration mechanisms where atmospheric air is injected into the wells in



confiables, también exhiben costos elevados

que los hace inexecutable para proyectos de control en instalaciones rurales pequeñas o medianas. Por ello se procede a utilizar un Raspberry pi (Error! Reference source not found).

Figura 2 Raspberry pi3 utilizado en el Proyecto. Foto de Harrison Broadbent en Unsplash
Utilizar un Raspberry Pi3 tiene la ventaja de que puede ser usado como un registro de datos. El registro de datos puede ser mostrado en una pantalla LCD en tiempo real y utilizando métodos históricos. Además, el Raspberry pi3 puede correr en bancos de energía, ya que requiere solo alrededor de 10 watts con un cargador estándar para celular de 5 voltios.

2.3 CONFIGURACIÓN DE ALERTAS CRÍTICAS Y CONTROL AUTOMÁTICO

Existen diferentes maneras de controlar los niveles de oxígeno disuelto en los estanques de Tilapia. Las más comunes son realizar recambios de agua continuo que cuenta con agua saturada en oxígeno disuelto; utilizar mecanismos de aireación mecánica donde se inyecta aire atmosférico a los pozos con el fin de aumentar las concentraciones de OD y utilizar mecanismos de oxigenación, en donde se inyecta oxígeno puro (O₂) directamente en el estanque.

En el caso del proyecto ISMOC, se decidió utilizar la aireación mecánica puesto que de esta forma se disminuyen los requerimientos de agua por estanque, y consecuentemente el posible impacto ambiental. Particularmente, se decidió utilizar sistemas comunes de aireación como splashes y blowers.

order to increase OD concentrations and use oxygenation mechanisms, where pure oxygen (O₂) is injected directly into the pond.

In the case of the ISMOC project, it was decided to use mechanical aeration since in this way the water requirements per pond are reduced, and consequently the possible environmental impact. In particular, it was decided to use common aeration systems such as splashes and blowers.

Control over those actuators (and indirectly over water parameters), it is done through a proportional, integrative and differential system, or simply PID (short for Proportional, Integrative and differential). This system is responsible for automatically activating the actuators, which in turn prevent the pH, temperature and dissolved oxygen from reaching values outside the upper and lower permissible limits (values that were established to ensure safety and the correct development of fattening tilapia)

Once these limits are exceeded, a notification is made through the raspberry interface (Figura 3) and an alert system for mobile devices. This is a complementary process and subsequent to the aforementioned control. In other words, the notification is only sent if for some reason or external factor, the PID control is unable to keep the parameters within the control range.

To be able to notify through mobile applications, different strategies were tested, including email notifications, application notifications and Telegram notifications. This last option is an App similar to WhatsApp that aims to simplify the communication of people through text or voice messages. Telegram was chosen, because it has

El control sobre dichos actuadores (e indirectamente sobre los parámetros del agua), se hace a través de un sistema proporcional, integrativo y diferencial, o simplemente PID (abreviación de Proportional, Integrative and differential). Dicho sistema se encarga de activar automáticamente los actuadores, los cuales a su vez evitan que el pH, la temperatura y el oxígeno disuelto alcancen valores fuera de los límites superiores e inferiores permisibles (valores que fueron establecidos para garantizar la seguridad y el desarrollo correcto de la tilapia en engorde)

Una vez se superen dichos límites, se realiza una notificación a través de la interfaz de la raspberry (Figura 3) y de un sistema de alertas para dispositivos móviles. Éste es un proceso complementario y posterior a dicho control. Es decir que la notificación solo es enviada si por alguna razón o factor externo, el control PID es incapaz de mantener los parámetros dentro del rango de control.

Para poder notificar a través de aplicativos móviles se probaron diferentes estrategias incluyendo notificaciones al correo electrónico, notificaciones por la aplicación y notificaciones por Telegram. Esta última opción, es una App similar a WhatsApp que tiene como objetivo simplificar la comunicación de las personas a través de mensajes de texto o voz. Se escogió Telegram, porque tiene un modo de desarrollador más abierto que WhatsApp permitiendo la creación de chat tipo Chatbots (chats de respuesta automáticos programados para enviar algún mensaje). En el caso ISMOC, se utilizaron bots para enviar alertas cuando los parámetros fisicoquímicos están fuera de los valores permisibles.

a more open developer mode than WhatsApp allowing the creation of Chatbots type chat (automatic response chats programmed to send a message). In the ISMOC case, bots were used to send alerts when the physicochemical parameters are outside the allowable values.

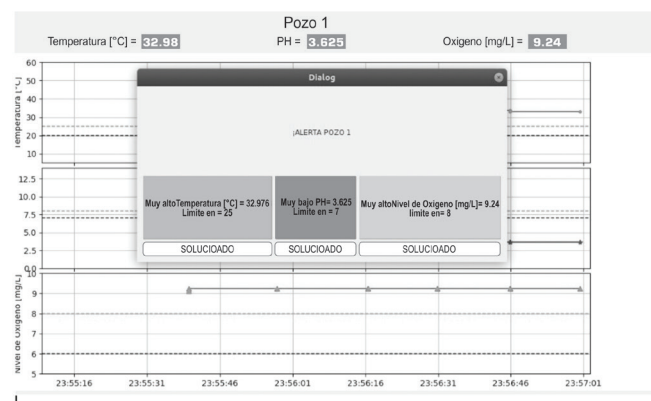


Figure 3 Alert and monitoring interface installed in the Raspberry IEF control unit. Source: Authors

2.4 INTERCONNECTION WITH THE CLOUD

Once the control system was fully developed, it was interconnected with the web system. After analyzing multiple options for data storage, a non-SQL alternative was chosen, in which the information is stored in an unstructured manner. For this, the data is stored temporarily in the Raspberry Pi. It acts as a server and uses a Python program to send information to the cloud. Then, the company page extracts the data and presents it to the end user. The page was created using HTML, CSS and JavaScript tools. The design team emphasized the development of the user interface (UI) and user experience (UX) in order to maximize the

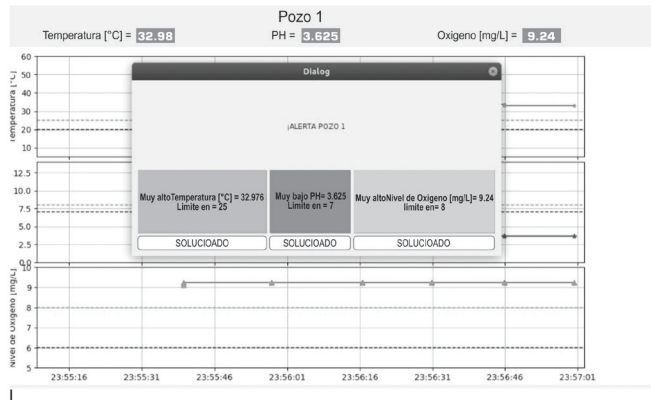


Figura 3 Interfaz de alertas y monitoreo instalado en la unidad de control Raspberry IEF. Fuente: Autores

2.4 INTERCONEXIÓN CON LA NUBE

Una vez el sistema de control fue completamente desarrollado, se procedió a la interconexión de este con el sistema web. Después de analizar múltiples opciones para el almacenamiento de datos, se optó por una alternativa no SQL, en la cual se almacena la información de forma desestructurada. Para ello, los datos son almacenados temporalmente en la Raspberry Pi. Esta actúa como un servidor y utiliza un programa en Python para enviar información a la nube. Luego, la página de la empresa extrae los datos y se los presenta al usuario final. La página fue creada utilizando herramientas HTML, CSS y JavaScript. El equipo de diseño hizo énfasis en el desarrollo de la interfaz de usuario (UI) y de la experiencia de usuario (UX) con el fin de maximizar la comprensión y la adopción de la herramienta en la empresa. A continuación, se presenta un diagrama de la interfaz de usuario (Figura 4) y del dashboard (Figura 5).

understanding and adoption of the tool in the company. The following is a diagram of the user interface (Figure 4) and the dashboard (Figure 5).

Figure 4 IEF application input interface monitor the farm. Source: Authors

3 RESULTS

It was observed that the system responds actively to changes in water oxygen conditions, and the system is activated when concentrations

DE MI TIERRA
¡Encantados de conocerte!

Empecemos por crear tu Perfil

Nombre
ej. Pepito Perez

Correo electrónico
ej. pepito.perez@mail.com

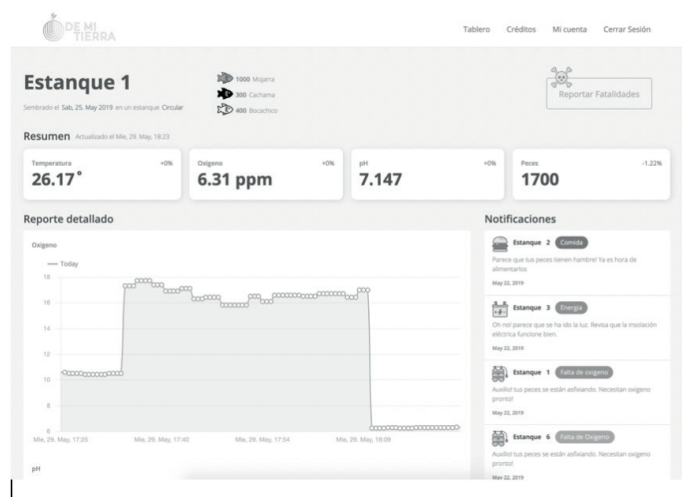
Contraseña
Usa mayúsculas y minúsculas

Utilizamos tus datos para poder brindarte una atención personalizada.
Serán tratados 100% confidencial.

Siguiente

Al registrarte, estas de acuerdo con nuestros [Terminos y condiciones de servicio](#) [Acuerdo de privacidad](#).

Figura 4 Interfaz de entrada de la aplicación de IEF monitorear la finca. Fuente: Autores



fall below 80% of the critical point, fulfilling the initially proposed objective.

Once tests were carried out with both systems in place, a substantial improvement in the level of dissolved oxygen in the water was observed, which is indispensable for the life and growth of sown tilapia. However, keeping these mechanical devices turned on throughout the day generated high costs related to the consumption of electrical energy and the maintenance of the equipment. Therefore, we proceeded to confirm if it is really necessary to use mechanical aeration continuously. In doing so, we noted that oxygen concentrations fluctuate during the day due to both environmental conditions and biological cycles of animals and the flora contained in the water. These variations are significant during the day; presenting optimal, sub-optimal and lethal conditions during the same 24-hour cycle. The optimal conditions of the ponds found are consistent with the information in the literature and are presented in Table 1.

Therefore, the initial hypothesis was confirmed that it is not necessary to have the blowers turned on 24 hours a day. In particular, this result was observed in sunlight hours, when turbidity is ideal and there is enough natural lighting for the water plankton plan to carry out the process of photosynthesis. However, there are certain instances, usually during the night, where oxygen concentrations dropped dramatically and it became pertinent to turn on the splash and blowers to ensure that oxygen concentrations are above lethal levels.

When performing the tests, it was confirmed that the monitoring system is capable of detecting

Figura 5 Tablero de control de mi tierra - IEF: pruebas con sensor de oxígeno dentro y fuera del agua

3 RESULTADOS

Se observó que el sistema responde activamente a los cambios de condiciones de oxígeno del agua, y el sistema se activa cuando las concentraciones caen por debajo del 80% del punto crítico, cumpliéndose el objetivo propuesto inicialmente.

Una vez se realizaron pruebas con ambos sistemas en sitio, se observó una mejoría sustancial en el nivel de oxígeno disuelto en el agua, el cual es indispensable para la vida y crecimiento de la tilapia sembrada. No obstante, al mantener estos dispositivos mecánicos encendidos durante todo el día se generaron altos costos relacionados con el consumo de energía eléctrica y con el mantenimiento de los equipos. Por ende, se procedió a confirmar si realmente es necesario utilizar aireación mecánica ininterrumpidamente. Al hacer esto, notamos que las concentraciones de oxígeno fluctúan durante el día debido tanto a condiciones ambientales como a ciclos biológicos de los animales y la flora contenida en el agua. Estas variaciones son significativas durante el día; presentándose condiciones óptimas, subóptimas y letales durante un mismo ciclo de 24 horas. Las condiciones óptimas de los estanques encontradas concuerdan con la información de la literatura y se presentan en la Tabla 1.

Por lo tanto, se confirmó la hipótesis inicial de que no es necesario tener los blowers encendidos las 24 horas. Particularmente, se observó este resultado en las horas de luz solar,

the moments at which the measurements are outside the permissible limits for dissolved oxygen, pH and temperature. The results before and after implementation are presented in Table 2 below.

Table 1 Summary of the most important physicochemical parameters in tilapia farming

Dissolved oxygen	Oxygen levels dissolved in water are considered the most important variable in fish farming. When OD levels fall below 3 ppm, fish can be killed. The appropriate OD content should be around 5 to 10 ppm. Warm-water fish require around 5ppm while cold-water fish (such as trout and salmon) require 6.5 ppm to maintain good health. A level below 3 ppm will kill warm water fish and a concentration of 5 ppm will kill cold water fish. High concentrations of dissolved oxygen can also be fatal to fish, because they can cause "bubble disease" gas. [32].
Temperature	There is a relationship between OD and temperature; the hotter the water, the less oxygen that can be maintained. For example, water at 11 ° C may contain 40% more oxygen than water at 27%. Hot water increases the metabolism of fish and therefore increases oxygen consumption. Bacteria also consume oxygen as they break down organic matter. Therefore, during the summer months, OD levels will be lower.
pH	The optimum pH for the growth and health of the fish is between 6 and 9. If the pH is out of this, the growth of the fish will be reduced. Mortality will occur when the pH values are less than 4.5 or greater than 10. In addition to the direct effects of pH on fish and other aquatic animals, the pH interacts with other water quality variables such as ammonia, sulfur of hydrogen, and dissolved metals, affecting aquatic balance and toxicity.
Ammonia	It is the first form of nitrogen released when organic matter decays and is the main residue excreted by most freshwater fish and invertebrates. It is very unlikely that ammonia levels in your pond reach levels that are lethal to fish. However, in intensive crops, where fish are fed high-protein diets (as in the culture of large fish, 600-900 g, where the feed quality is up to 35 percent protein), these can produce large amounts of ammonia, and the fish may be exposed to sublethal levels (greater than 0.02 ppm) for prolonged periods. This can lead to reduced growth and increased susceptibility to diseases. In that case, periodic cleaning is necessary to remove the ammonia.

Table 2 Information on Tilapia farming before the Project

	Harvest 1	Harvest 2	Harvest 3	Harvest 4	Harvest 5	Average
Seedtime	Mar-17	Apr-17	May-17	Jun-17	Jul-17	
Pond area [m2]	60	60	60	60	60	60
No. Farmed fish	300	300	300	300	300	300
No. Harvested fish	222	231	233	240	239	233
Mortality rate	26%	23%	22%	20%	20%	22%
Sowing Density [Fish / m2]	5	5	5	5	5	5
Average harvest weight [gr / fish]	410	420	411	430	428	419.8

Table 3 Information Tilapia farming during the Project

	Harvest 1	Harvest 2	Harvest 3	Harvest 4	Harvest 5	Average
Seedtime	Oct-18	Nov-18	Dec-18	Jan-19	Feb-19	
Pond area [m2]	60	60	60	60	60	60
No. Farmed fish	3000	3000	3000	10000	10000	5800
No. Harvested fish	2820	2770	2852			2814
Mortality rate	6%	8%	5%			6%
Sowing Density [Fish / m2]	50	50	50			50
Average harvest weight [gr / fish]	430	432	428			430

cuando la turbidez es ideal y hay suficiente iluminación natural para que el plancton vegetal del agua realice el proceso de fotosíntesis. Sin embargo, hay ciertas instancias, usualmente durante la noche, donde las concentraciones de oxígeno cayeron drásticamente y se hizo pertinente encender los splash y los blowers para garantizar que las concentraciones de oxígeno estén por encima de los niveles letales.

Al realizar las pruebas, se confirmó que el sistema de monitoreo es capaz de detectar los momentos en los cuales las mediciones están fuera de los límites permisibles para el oxígeno disuelto, pH y temperatura. Los resultados antes y después de la implementación se presentan a continuación en la tabla 2.

Tabla 1 Resumen de los parámetros físicoquímicos más importantes en el cultivo de tilapia

Oxígeno Disuelto	Los niveles de oxígeno disueltos en agua son considerados como la variable más importante en el cultivo de peces. Cuando los niveles de OD caen por debajo de 3 ppm se puede causar la muerte de los peces. El contenido adecuado de OD debe estar alrededor de 5 a 10 ppm. Los peces de aguas cálidas requieren alrededor de 5ppm mientras que los de agua fría (como la trucha y el salmón) requieren 6.5 ppm para mantener una buena salud. Un nivel por debajo de 3 ppm matará los peces de agua cálida y una concentración de 5 ppm matará las de agua fría. Elevadas concentraciones de oxígeno disuelto también pueden ser mortales para los peces, porque pueden causar gas "bubble disease" [32].
Temperatura	Existe una relación entre OD y temperatura; entre más caliente el agua, es menos el oxígeno que se puede mantener. Por ejemplo, el agua a 11°C puede contener 40% más oxígeno que el agua a 27%. El agua caliente aumenta el metabolismo de los peces y por lo tanto incrementa el consumo de oxígeno. Las bacterias también consumen oxígeno a medida que descomponen materia orgánica. Por lo tanto, durante los meses de verano, los niveles de OD serán más bajos.
pH	El pH óptimo para el crecimiento y salud de los peces está entre 6 y 9. Si el pH está fuera de este tanto, el crecimiento del pez será reducido. La mortalidad ocurrirá cuando los valores de pH son menores de 4.5 o mayores de 10. Adicionalmente a los efectos directos del pH pueden ser sobre los peces y otros animales acuático, el pH interactúa con otros variables de calidad del agua tales como, amoníaco, sulfuro de hidrogeno, y metales disueltos, afectando el equilibrio acuático y toxicidad
Amoniaco	Es la primera forma de nitrógeno liberada cuando la materia orgánica decae y es el principal residuo excretado por la mayoría de los peces e invertebrados de agua dulce. Es muy poco probable que los niveles de amoniaco en su estanque alcancen niveles que sean letales para los peces. Sin embargo, en cultivos intensivos, donde los peces son alimentados con dietas altas en proteínas (como en el cultivo de peces grandes, 600-900 g, donde la calidad de alimentación es de hasta 35 por ciento de proteína), estos pueden producir grandes cantidades de amoniaco, y el pez puede estar expuesto a niveles subletales (mayores de 0.02 ppm) por periodos prolongados. Esto puede llevar a reducir el crecimiento e incrementar la susceptibilidad a enfermedades. En dicho caso, es necesario hacer limpiezas periódicas para extraer el amoniaco.

Tabla 2 Información del cultivo de Tilapia antes del Proyecto

	Cosecha 1	Cosecha 2	Cosecha 3	Cosecha 4	Cosecha 5	Promedio
Fecha de siembra	Mar-17	Apr-17	May-17	Jun-17	Jul-17	
Área del estanque [m²]	60	60	60	60	60	60
No. Peces sembrados	300	300	300	300	300	300
No. Peces cosechados	222	231	233	240	239	233
Tasa de Mortalidad	26%	23%	22%	20%	20%	22%
Densidad de Siembra [Peces/m²]	5	5	5	5	5	5
Peso promedio de cosecha [gr/pez]	410	420	411	430	428	419.8

4 DISCUSSION AND ANALYSIS OF RESULTS

4.1 ADMINISTRATIVE DISCUSSION

The implementation of the project has had substantial results. As can be seen in Table 2, the production per pond prior to the implementation of the project had extensive characteristics. It had planting densities of 5 fish per square meter, with mortality rates exceeding 22%. In contrast, production during the project demonstrates a seeding density 10 times larger, displaying values that range around 50 fish per square meter of water mirror.

The benefits of adopting agriculture 4.0 technologies go beyond production values. The project reduced fish mortality by 72%, reaching values close to 6% of the total initially planted population. These fatalities usually occur in the juvenile stage and are the product of post sowing stress. The following is a comparison between plant management factors before and during project implementation.

4.2 DISCUSSION ON ORGANIZATIONAL PROCESSES RELATED TO INNOVATION

In this last section, we present some of the challenges that the company faces during the project execution process. Although some of the observations presented are typical of the agricultural sector, we carry out this reflection since we consider that it can also affect other organizations that plan to carry out innovation and development projects. In particular, we consider that it is useful for organizations that plan to carry out digital transformation processes, or involve the division of hetero-professional work [see 33 for desambiguation], where coordination between various professions and occupations is

Tabla 3 Información del cultivo de Tilapia durante el Proyecto

	Cosecha 1	Cosecha 2	Cosecha 3	Cosecha 4	Cosecha 5	Promedio
Fecha de siembra	Oct-18	Nov-18	Dec-18	Jan-19	Feb-19	
Área del estanque [m ²]	60	60	60	60	60	60
No. Peces sembrados	3000	3000	3000	10000	10000	5800
No. Peces cosechados	2820	2770	2852			2814
Tasa de Mortalidad	6%	8%	5%			6%
Densidad de Siembra [Peces/m ²]	50	50	50			50
Peso promedio de cosecha [gr/pez]	430	432	428			430

4 DISCUSIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1 DISCUSIÓN ADMINISTRATIVA

La implementación del proyecto ha tenido resultados sustanciales. Como se observa en la tabla 2 la producción por estanque previa a la implementación del proyecto, tenía características extensivas. Presentaba densidades de siembra de 5 peces por metro cuadrado, con tasas de mortalidad que superaban el 22%. En contraste, la producción durante el proyecto demuestra una densidad de siembra 10 veces más grande, exhibiendo valores que oscilan alrededor de los 50 peces por metro cuadrado de espejo de agua.

Los beneficios de adopción de tecnologías de agricultura 4.0 van más allá de los valores de producción. El proyecto redujo un 72% la mortalidad de peces, alcanzando valores cercanos al 6% sobre el total de la población inicialmente sembrada. Estas fatalidades ocurren usualmente en la etapa de juveniles y son producto del estrés post siembra. A continuación, se presenta una comparación entre los factores de manejo de la planta antes y durante la implementación del proyecto.

needed to achieve and maintain a process of change In the organization.

Below, we present some of the most notable observations that affected the development of the ISMOC project (see Tabla 4). To do this, we developed a focus group - a workshop with a small but demographic and institutionally diverse group to capture their perception of the development of the project. The focus group included IEF directors, operations leaders, farm management personnel, and an engineer who owns a neighboring farm, who had a viewer vision of the development of the project. The process used the privileged vision of the natives and spectators to understand the most outstanding aspects and difficulties in the execution of ISMOC.

We have classified these challenges in technical (T) and organizational (O) terms, and solutions in implemented (I) or recommended (R). The recommended activities were not developed because they are beyond the control of the executor or because it involves the assembly of several organizations in the field of innovation

Table 4 Identification of technical and organizational challenges in the IEF innovation process, and presentation of proposals to solve these challenges

Id.	Tipe	Description of the found challenge	Implemented solution (I) or recommended (R)
1	T	Low coverage of internet access in rural municipalities.	• Acquisition of a signal amplifier antenna. (I) • Monthly internet service contracting based on data transmission requirements. (I) • Promote the investment and deployment of 4G and 5G networks in the country that allow the development of solutions for low-cost agriculture (R)

4.2 DISCUSIÓN SOBRE LOS PROCESOS ORGANIZACIONALES RELACIONADOS CON LA INNOVACIÓN

En esta última sección, presentamos algunos de los desafíos a los que la empresa se enfrenta durante el proceso de ejecución del proyecto. Aunque algunas de las observaciones presentadas son propias del sector agropecuario, realizamos esta reflexión puesto que consideramos que también puede afectar a otras organizaciones que planeen realizar proyectos de innovación y de desarrollo. Particularmente, consideramos que es de utilidad para organizaciones que piensen realizar procesos de transformación digital, o involucren la división del trabajo hetero profesional [ver 33 para desambiguación], donde se necesita la coordinación entre varias profesiones y ocupaciones para conseguir y mantener un proceso de cambio en la organización.

A continuación, presentamos algunas de las observaciones más notables que afectaron el desarrollo del proyecto ISMOC (ver Tabla 4). Para ello, desarrollamos un grupo de enfoque – un taller con un grupo pequeño pero demográfica e institucionalmente diverso para capturar su percepción sobre el desarrollo del proyecto. En el grupo de enfoque participaron los directores de IEF, los líderes de operaciones, el personal de manejo de la finca, y un ingeniero propietario de una finca vecina, quien tuvo una visión de espectador del desarrollo del proyecto. El proceso utilizó la visión privilegiada de los nativos y espectadores para entender los aspectos y dificultades más sobresalientes en la ejecución de ISMOC.

Hemos clasificado dichos desafíos en términos técnicos (T) y organizacionales (O), y las soluciones en implementadas (I) o recomendadas (R). Las actividades

2	O	Lack of technical and administrative knowledge in the rural sector.	• Development of Design Thinking Workshops involving personnel from the Rural sector to understand needs, pains and areas for improvement (I) • Preparation of a document to capture requirements (I) • Creation of intuitive and user-friendly applications (I)
3	O	Dificultad para adquirir pasantes con conocimientos prácticos de desarrollo web, desarrollo de aplicativos móviles y desarrollo de bases de datos no estructurados.	• Strengthen the apprentices' pensum to strengthen the areas of web development, including not only programming issues, but also topics for the management of APIs that simplify digitization work (R) • Strengthen practical activities and promote periodic interaction with the industry so that apprentices are up to date with new technologies and the state of the art of their application in companies (R) • Develop training programs of the company to reinforce specific knowledge to the position that the intern is not clear. (I) • Implement redundant mechanisms (eg having two work teams to develop the same objective) that allow cushioning in case of externalities that affect project planning. (I)
4	O	Dificultad para adquirir talento con conocimientos sobre digitalización de procesos, análisis de datos y transformación digital.	• Develop hackatons in conjunction with other companies to try to encourage the development of digital skills (R)
5	O	Dificultad para conseguir personal motivado, responsable y con valores profesionales, particularmente en áreas técnicas.	• Promote a business culture of inclusion and tolerance, but not conformism (I) • Promote human, technical and professional development in higher education institutions and in companies (R) • Promote the insertion of employees in physical and virtual professional communities, to increase the mechanisms of cohesion and reputation that foster professional ethics and culture (R)
6	O	Perdida de peces por depredadores	• Install barbed wire fencing around the ponds (I)
7	O	Perdida de peces por robo	• Install real-time transmission security cameras (I) • See solutions for Challenge Id 5 and 6
8	O	Diferencias en el entendimiento de criterios y protocolos de ejecución de los programas de innovación por parte de los diferentes actores que participan en el programa.	• For GP : to unify the criteria, protocols and language used in the innovation program to facilitate accompaniment to innovative companies (R) • For GP: Strengthen the training of personnel who support innovative companies to promote a culture of service, objectivity and help. (R) • For GP: Redefine processes, incentives and penalties to allow proactive adjustment of project goals against externalities. (R) • For innovative companies: maintain communication channels with several innovation program entities to reduce the risk of information loss and / or misunderstanding. (I)

recomendadas no fueron desarrolladas porque están fuera del control del ejecutor o porque involucra el ensamble de varias organizaciones en el campo de innovación.

Tabla 4 Identificación de los desafíos técnicos y organizacionales en el proceso de innovación de IEF, y presentación de propuestas para solucionar dichos desafíos

Id.	Tipo	Descripción del desafío encontrado	Solución implementada (I) o recomendada (R)
1	T	Baja cobertura de acceso a internet en los municipios rurales.	• Adquisición de una antena amplificadora de señal. (I) • Contratación de servicio de internet mensual basado en los requerimientos de transmisión de datos. (I) • Promover la inversión y el despliegue de redes 4G y 5G en el país que permitan el desarrollo de soluciones para el agro de bajo costo (R)
2	O	Falta de conocimientos técnicos y administrativos en el sector rural.	• Desarrollo de Talleres de Design Thinking involucrando personal del sector Rural para entender las necesidades, dolores y áreas de mejora (I) • Realización de un documento de captura de requerimientos (I) • Creación de aplicaciones intuitivas y amigables con el usuario (I)
3	O	Dificultad para adquirir pasantes con conocimientos prácticos de desarrollo web, desarrollo de aplicativos móviles y desarrollo de bases de datos no estructurados.	• Reforzar el pensum de los aprendices para fortalecer las áreas de desarrollo web, incluyendo no solo temas de programación, sino también temarios para el manejo de APIs que simplifiquen los trabajos de digitalización (R) • Reforzar actividades prácticas y promover la interacción periódica con la industria para que los aprendices estén al día con las nuevas tecnologías y el estado del arte de la aplicación de estas en las empresas (R) • Desarrollar programas de entrenamiento propios de la empresa para reforzar conocimientos específicos al cargo que el pasante no tenga claros. (I) • Implementar mecanismos redundantes (ej. tener dos equipos de trabajo para desarrollar un mismo objetivo) que permitan amortiguar en caso de que se presenten externalidades que afecten la planeación del proyecto. (I)
4	O	Dificultad para adquirir talento con conocimientos sobre digitalización de procesos, análisis de datos y transformación digital.	• Desarrollar hackatons en conjunto con otras empresas para tratar de fomentar el desarrollo de habilidades digitales (R)

5	O	Dificultad para conseguir personal motivado, responsable y con valores profesionales, particularmente en áreas técnicas.	• Promover una cultura empresarial de inclusión y tolerancia, mas no de conformismo (I) • Fomentar el desarrollo humano, técnico y profesional en las instituciones de educación superior y en las empresas (R) • Promover la inserción de los empleados en comunidades profesionales físicas y virtuales, para aumentar los mecanismos de cohesión y reputación que fomenten una ética y cultura profesional (R)
6	O	Perdida de peces por depredadores	• Instalar cercado de alambre de púas alrededor de los estanques (I)
7	O	Perdida de peces por robo	• Instalar cámaras de seguridad de transmisión en tiempo real (I) • Ver soluciones para Desafío Id 5 y 6
8	O	Diferencias en el entendimiento de criterios y protocolos de ejecución de los programas de innovación por parte de los diferentes actores que participan en el programa.	• Para GP : unificar los criterios, protocolos y el lenguaje utilizados en el programa de innovación para facilitar el acompañamiento a las empresas innovadoras (R) • Para GP: Reforzar el entrenamiento al personal que hace el acompañamiento a las empresas innovadoras para promover una cultura de servicio, objetividad y ayuda. (R) • Para GP: Redefinir los procesos, incentivos y penalidades para permitir el ajuste proactivo de las metas del proyecto frente a las externalidades. (R) • Para las empresas innovadoras: mantener canales de comunicación con varias entidades del programa de innovación para disminuir el riesgo de pérdida de información y/o malentendidos. (I)

5 CONCLUSIÓN

Como se observó en las secciones anteriores, la implementación e integración de los dispositivos de medición y control de los parámetros fisicoquímicos del agua, genera beneficios en la producción de tilapia roja. Particularmente, el control de los niveles de pH, temperatura, y oxígeno disuelto y el amonio en los estanques, genera un incremento en los indicadores de desempeño (KPI) en la producción a lo largo de los procesos de siembra, pre-engorde y engorde. La comparación entre las cosechas en el 2017 antes (2017) y durante (2018-2019) el desarrollo de ISMOC y en el 2018, muestra un incremento de 10 veces en la densidad de siembra y una reducción del 72 % en la mortalidad de tilapia.

5 CONCLUSION

As it was observed in the previous sections, the implementation and integration of the devices of measurement and control of the physicochemical parameters of the water, generates benefits in the production of red tilapia. Particularly, the control of the levels of pH, temperature, and dissolved oxygen and the ammonium in the ponds, generates an increase in the performance indicators (KPI) in the production throughout the sowing, pre-fattening and fattening processes . The comparison between harvests in 2017 before (2017) and during (2018-2019) the development of ISMOC and in 2018, shows a 10-fold increase in planting density and a 72% reduction in tilapia mortality .

During the development of the project there were some challenges that affected the initial planning of ISMOC, but were solved during the execution through a proactive treatment. Some challenges were technical - such as problems of internet access in rural areas - while others were organizational - such as difficulties in acquiring talent with digitalization knowledge and strong professional cohesion. Faced with these challenges, we present the solutions implemented and recommended to reduce the risks of cost overruns and not achieving the goals planned in the project; generate positive effects on the industrial ecosystem and promote the expansion of innovation projects in the agricultural sector.

6 ACKNOWLEDGMENT

We highlight the success of the program and thank SENNOVA for sponsoring the research and promoting the necessary conditions for the execution of the ISMOC innovation project.

Durante el desarrollo del proyecto se presentaron algunos desafíos que afectaron la planeación inicial de ISMOC, pero que fueron solucionados durante la ejecución a través de un tratamiento proactivo. Algunos desafíos fueron técnicos - como por ejemplo problemas de acceso a internet en las zonas rurales - mientras que otros fueron organizacionales - como por ejemplo dificultades para adquirir talento con conocimientos de digitalización y con una fuerte cohesión profesional. Frente a estos desafíos presentamos las soluciones implementadas y recomendadas para disminuir los riesgos de sobrecostos y no consecución de las metas planeadas en el proyecto; generar efectos positivos sobre el ecosistema industrial y promover la expansión de proyectos de innovación en el sector agropecuario.

6 AGRADECIMIENTO

Resaltamos el éxito del programa y agradecemos a SENNOVA por patrocinar la investigación y promover las condiciones necesarias para la ejecución del proyecto de innovación ISMOC.

7 REFERENCIAS

- [1] United Nations, “Objetivos y metas de desarrollo sostenible - Desarrollo Sostenible.” [Online]. Available: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>. [Accessed: 10-May-2019].
- [2] Fishboost, “FISHBOOST - The next level of aquaculture breeding,” 2014. [Online]. Available: <http://www.fishboost.eu/>. [Accessed: 22-May-2019].
- [3] G. W. Wohlfarth, G. Hulata, and A. Halevy, “Growth, survival and sex ratio of some tilapia species and interspecific hybrids,” Spec. Publ. Aquac. Soc., no. 11, pp. 87–101, 1990.
- [4] FAO, “4 . Aquaculture methods and

7 REFERENCES

- [1] United Nations, “Objetivos y metas de desarrollo sostenible - Desarrollo Sostenible.” [Online]. Available: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>. [Accessed: 10-May-2019].
- [2] Fishboost, “FISHBOOST - The next level of aquaculture breeding,” 2014. [Online]. Available: <http://www.fishboost.eu/>. [Accessed: 22-May-2019].
- [3] G. W. Wohlfarth, G. Hulata, and A. Halevy, “Growth, survival and sex ratio of some tilapia species and interspecific hybrids,” Spec. Publ. Aquac. Soc., no. 11, pp. 87–101, 1990.
- [4] FAO, “4 . Aquaculture methods and practices : a selected review,” 2014.
- [5] E. A. Baluyut, “Aquaculture systems and practices: a selected review,” 1989.
- [6] K. Schwab, The fourth industrial revolution. Currency, 2017.
- [7] S. Tschöpe, K. Aronska, and P. Nyhuis, “„what does industry 4.0 mean?“ - a quantitative data bank analysis gives an impression ,” ZWF Zeitschrift fuer Wirtschaftlichen Fabrikbetr., vol. 110, no. 3, pp. 145–149, 2015.
- [8] M. Eigner, C. Muggeo, H. Apostolov, and P. Schäfer, “Kern des system lifecycle management: Im kontext von industrial internet mit industrie 4.0 und internet der dinge und dienste,” ZWF Zeitschrift fuer Wirtschaftlichen Fabrikbetr., vol. 111, no. 1–2, pp. 63–68, 2016.
- [9] H. S. Kang et al., “Smart manufacturing: Past research, present findings, and future directions,” Int. J. Precis. Eng. Manuf. - Green Technol., vol. 3, no. 1, pp. 111–128, 2016.
- [10] U. V. Rane, V. R. Gad, R. S. Gad, and G. M. Naik, Internet of Things, Smart Spaces, and Next Generation Networks and Systems, vol. 9247. 2015.
- [11] K. Ashton, “That ‘internet of things’ thing,”

practices : a selected review," 2014.

[5] E. A. Baluyut, "Aquaculture systems and practices: a selected review," 1989.

[6] K. Schwab, The fourth industrial revolution. Currency, 2017.

[7] S. Tschöpe, K. Aronska, and P. Nyhuis, "„what does industry 4.0 mean?“ - a quantitative data bank analysis gives an impression ," ZWF Zeitschrift fuer Wirtschaftlichen Fabrikbetr., vol. 110, no. 3, pp. 145–149, 2015.

[8] M. Eigner, C. Muggeo, H. Apostolov, and P. Schäfer, "Kern des system lifecycle management: Im kontext von industrial internet mit industrie 4.0 und internet der dinge und dienste," ZWF Zeitschrift fuer Wirtschaftlichen Fabrikbetr., vol. 111, no. 1–2, pp. 63–68, 2016.

[9] H. S. Kang et al., "Smart manufacturing: Past research, present findings, and future directions," Int. J. Precis. Eng. Manuf. - Green Technol., vol. 3, no. 1, pp. 111–128, 2016.

[10] U. V. Rane, V. R. Gad, R. S. Gad, and G. M. Naik, Internet of Things, Smart Spaces, and Next Generation Networks and Systems, vol. 9247. 2015.

[11] K. Ashton, "That 'internet of things' thing," RFID J., vol. 22, no. 7, pp. 97–114, 2009.

[12] L. Da Xu, W. He, and S. Li, "Internet of things in industries: A survey," IEEE Trans. Ind. Informatics, vol. 10, no. 4, pp. 2233–2243, 2014.

[13] F. J. Pierce and P. Nowak, "Aspects of precision agriculture," in Advances in agronomy, vol. 67, Elsevier, 1999, pp. 1–85.

[14] J. V. Stafford, "Implementing precision agriculture in the 21st century," J. Agric. Eng. Res., vol. 76, no. 3, pp. 267–275, 2000.

[15] R. Gebbers and V. I. Adamchuk, "Precision agriculture and food security," Science (80-.), vol. 327, no. 5967, pp. 828–831, 2010.

[16] N. Zhang, M. Wang, and N. Wang, "Precision agriculture—a worldwide overview," Comput. Electron. Agric., vol. 36, no. 2–3, pp. 113–132, 2002.

[17] K. Schwab, "The Fourth Industrial Revolution: what it means and how to respond

RFID J., vol. 22, no. 7, pp. 97–114, 2009.

[12] L. Da Xu, W. He, and S. Li, "Internet of things in industries: A survey," IEEE Trans. Ind. Informatics, vol. 10, no. 4, pp. 2233–2243, 2014.

[13] F. J. Pierce and P. Nowak, "Aspects of precision agriculture," in Advances in agronomy, vol. 67, Elsevier, 1999, pp. 1–85.

[14] J. V. Stafford, "Implementing precision agriculture in the 21st century," J. Agric. Eng. Res., vol. 76, no. 3, pp. 267–275, 2000.

[15] R. Gebbers and V. I. Adamchuk, "Precision agriculture and food security," Science (80-.), vol. 327, no. 5967, pp. 828–831, 2010.

[16] N. Zhang, M. Wang, and N. Wang, "Precision agriculture—a worldwide overview," Comput. Electron. Agric., vol. 36, no. 2–3, pp. 113–132, 2002.

[17] K. Schwab, "The Fourth Industrial Revolution: what it means and how to respond | World Economic Forum," Global Agenda, 2016. [Online]. Available: <https://www.weforum.org/agenda/2016/01/the-fourth-industrial-revolution-what-it-means-and-how-to-respond/>. [Accessed: 22-May-2019].

[18] B. Sniderman, M. Mahto, and M. Cotteleer, "Industry 4.0, manufacturing ecosystems and the connected enterprise | Deloitte University Press," 2016.

[19] A. McAfee and E. Brynjolfsson, "Big data: The management revolution," Harv. Bus. Rev., vol. 90, no. 10, p. 4, 2012.

[20] S. Fosso Wamba, S. Akter, A. Edwards, G. Chopin, and D. Gnanzou, "How 'big data' can make big impact: Findings from a systematic review and a longitudinal case study," Int. J. Prod. Econ., vol. 165, pp. 234–246, 2015.

[21] T. H. Davenport, "How strategists use 'big data' to support internal business decisions, discovery and production," Strateg. Leadersh., vol. 42, no. 4, pp. 45–50, 2014.

| World Economic Forum," Global Agenda, 2016. [Online]. Available: <https://www.weforum.org/agenda/2016/01/the-fourth-industrial-revolution-what-it-means-and-how-to-respond/>. [Accessed: 22-May-2019].

[18] B. Sniderman, M. Mahto, and M. Cotteleer, "Industry 4.0, manufacturing ecosystems and the connected enterprise | Deloitte University Press," 2016.

[19] A. McAfee and E. Brynjolfsson, "Big data: The management revolution," *Harv. Bus. Rev.*, vol. 90, no. 10, p. 4, 2012.

[20] S. Fosso Wamba, S. Akter, A. Edwards, G. Chopin, and D. Gnanzou, "How 'big data' can make big impact: Findings from a systematic review and a longitudinal case study," *Int. J. Prod. Econ.*, vol. 165, pp. 234–246, 2015.

[21] T. H. Davenport, "How strategists use 'big data' to support internal business decisions, discovery and production," *Strateg. Leadersh.*, vol. 42, no. 4, pp. 45–50, 2014.

[22] B. Denkena et al., "Industry 4.0 in machining," *ZWF Zeitschrift fuer Wirtschaftlichen Fabrikbetr.*, vol. 109, no. 7–8, pp. 537–541, 2014.

[23] L. Perkio, "The Future of Work : Machine Learning and Employment."

[24] C. B. Frey and M. A. Osborne, "The future of employment: How susceptible are jobs to computerisation?," *Technol. Forecast. Soc. Change*, vol. 114, pp. 254–280, 2017.

[25] W. E. Forum, "The future of jobs: Employment, skills and workforce strategy for the fourth industrial revolution," in *Global Challenge Insight Report*, World Economic Forum, Geneva, 2016.

[26] McKinsey&Company, "Industry 4 . 0 at McKinsey ' s model factories: Get ready for the disruptive wave," pp. 1–12, 2016.

[27] McKinsey&Company, "Manufacturing's next act | McKinsey & Company," June, 2015. [Online]. Available: <http://www.mckinsey.com/business-functions/operations/our-insights/manufacturings-next-act>. [Accessed:

[22] B. Denkena et al., "Industry 4.0 in machining ," *ZWF Zeitschrift fuer Wirtschaftlichen Fabrikbetr.*, vol. 109, no. 7–8, pp. 537–541, 2014.

[23] L. Perkio, "The Future of Work : Machine Learning and Employment."

[24] C. B. Frey and M. A. Osborne, "The future of employment: How susceptible are jobs to computerisation?," *Technol. Forecast. Soc. Change*, vol. 114, pp. 254–280, 2017.

[25] W. E. Forum, "The future of jobs: Employment, skills and workforce strategy for the fourth industrial revolution," in *Global Challenge Insight Report*, World Economic Forum, Geneva, 2016.

[26] McKinsey&Company, "Industry 4 . 0 at McKinsey ' s model factories: Get ready for the disruptive wave," pp. 1–12, 2016.

[27] McKinsey&Company, "Manufacturing's next act | McKinsey & Company," June, 2015. [Online]. Available: <http://www.mckinsey.com/business-functions/operations/our-insights/manufacturings-next-act>. [Accessed: 20-Jun-2017].

[28] S. Pfeiffer, "The Vision of 'Industrie 4.0' in the Making—a Case of Future Told, Tamed, and Traded," *Nanoethics*, vol. 11, no. 1, pp. 107–121, 2017.

[29] D. Wee, R. Kelly, J. Cattel, and M. Breunig, "Industry 4.0 - how to navigate digitization of the manufacturing sector," *McKinsey Co.*, pp. 1–62, 2015.

[30] S. Schrauf and P. Bertram, "Industry 4.0: How digitization makes the supply chain more efficient, agile, and customer-focused," 2016.

[31] PwC, "Industry 4 . 0 : Building the digital enterprise," 2016.

[32] R. Sallenave, "Understanding Water Quality Parameters to Better Manage Your Pond," pp. 1–4, 2012.

[33] A. Abbot, "The Future of Professions:

20-Jun-2017].

[28] S. Pfeiffer, "The Vision of 'Industrie 4.0' in the Making—a Case of Future Told, Tamed, and Traded," *Nanoethics*, vol. 11, no. 1, pp. 107–121, 2017.

[29] D. Wee, R. Kelly, J. Cattell, and M. Breunig, "Industry 4.0 - how to navigate digitization of the manufacturing sector," *McKinsey Co.*, pp. 1–62, 2015.

[30] S. Schrauf and P. Bertram, "Industry 4.0: How digitization makes the supply chain more efficient, agile, and customer-focused," 2016.

[31] PwC, "Industry 4.0 : Building the digital enterprise," 2016.

[32] R. Sallenave, "Understanding Water Quality Parameters to Better Manage Your Pond," pp. 1–4, 2012.

[33] A. Abbot, "The Future of Professions: Occupation and expertise in the age of Organization," *Sociol. Organ.*, vol. 8, pp. 17–42, 1991.

[34] BBVA, "'Hackathon': estas son las claves que deberías conocer," *Technology*, 18-Oct-2016. [Online]. Available: <https://www.bbva.com/es/7-cosas-debes-saber-hackathon/>. [Accessed: 23-May-2019].

Occupation and expertise in the age of Organization," *Sociol. Organ.*, vol. 8, pp. 17–42, 1991.

[34] BBVA, "'Hackathon': estas son las claves que deberías conocer," *Technology*, 18-Oct-2016. [Online]. Available: <https://www.bbva.com/es/7-cosas-debes-saber-hackathon/>. [Accessed: 23-May-2019].