

Escuela Superior Politécnica del Litoral

Facultad de Ingeniería en Ingeniería en Electricidad y Computación

DISEÑO DE DASHBOARD BI PARA UNA EMPRESA CAMARONERA.

Proyecto de Titulación

Previo la obtención del Título de:

Magíster en Sistemas de Información Gerencial

Presentado por:

José Leonardo Carrión Pacheco

Dayse Joselyne Maroto Lema

Guayaquil - Ecuador

Año: 2025

Dedicatoria

El presente proyecto lo dedico a mí, Dayse Maroto Lema, por mantenerme en pie ante cada desafío, por convertir las dificultades en aprendizajes y por recordar que la perseverancia y el amor por lo que hago son mi mayor fortaleza.

Dayse Joselyne Maroto Lema

El presento proyecto se lo dedico a mi familia, por ser quienes me han brindado su apoyo incondicional a lo largo de cada etapa de mi vida. A mis padres, por los valores brindados y la fortaleza enseñada para alcanzar mis metas. A mis seres queridos, por todas las palabras de apoyo y comprensión que me han hecho seguir adelante y sobrellevar adversidades encontradas a lo largo de mi vida.

José Leonardo Carrión Pacheco

Agradecimientos

Mi más sincero agradecimiento a mi madre, Gloria Lema, por estar siempre presente, no solo en los momentos de alegría sino también en las horas de cansancio y duda; por su apoyo incansable que me dio estabilidad y por ese amor profundo que me sostuvo y me impulsó a seguir adelante. Este logro es también suyo, porque en cada página y cada esfuerzo está impreso su ejemplo y su fortaleza.

Dayse Joselyne Maroto Lema

Mi más sincero agradecimiento a la Escuela Superior Politécnica del Litoral y los profesores que forman parte de la maestría Sistemas de Información Gerencial, por todo el conocimiento impartido por ellos que ha enriquecido mi carrera profesional. Finalmente, agradezco a mis padres, por todo el apoyo moral, consejos y fortaleza brindada durante el transcurso de esta maestría.

José Leonardo Carrión Pacheco

Declaración Expresa

Nosotros José Leonardo Carrión Pacheco y Dayse Joselyne Maroto Lema acordamos y reconocemos que:

La titularidad de los derechos patrimoniales de autor (derechos de autor) del proyecto de graduación corresponderá al autor o autores, sin perjuicio de lo cual la ESPOL recibe en este acto una licencia gratuita de plazo indefinido para el uso no comercial y comercial de la obra con facultad de sublicenciar, incluyendo la autorización para su divulgación, así como para la creación y uso de obras derivadas. En el caso de usos comerciales se respetará el porcentaje de participación en beneficios que corresponda a favor del autor o autores.

La titularidad total y exclusiva sobre los derechos patrimoniales de patente de invención, modelo de utilidad, diseño industrial, secreto industrial, software o información no divulgada que corresponda o pueda corresponder respecto de cualquier investigación, desarrollo tecnológico o invención realizada por nosotros durante el desarrollo del proyecto de graduación, pertenecerán de forma total, exclusiva e indivisible a la ESPOL, sin perjuicio del porcentaje que me/nos corresponda de los beneficios económicos que la ESPOL reciba por la explotación de mi/nuestra innovación, de ser el caso.

En los casos donde la Oficina de Transferencia de Resultados de Investigación (OTRI) de la ESPOL comunique los autores que existe una innovación potencialmente patentable sobre los resultados del proyecto de graduación, no se realizará publicación o divulgación alguna, sin la autorización expresa y previa de la ESPOL.

Guayaquil, 15 de agosto del 2025.

Ing. José Leonardo
Carrión Pacheco

Ing. Dayse Joselyne
Maroto Lema

Evaluadores

Ph.D. Mónica Katiuska Villavicencio Cabezas

Tutora de proyecto

Ph.D. Juan Carlos García Plúa

Revisor de proyecto

RESUMEN

El propósito del proyecto es desarrollar un panel de inteligencia de negocios que permita visualizar indicadores clave en una compañía camaronería, mediante la integración de datos obtenidos de sensores IoT y registros históricos de producción. La propuesta parte de la hipótesis de que la centralización y visualización de datos históricos optimiza el análisis operativo y estratégico, justificándose en la necesidad de superar las limitaciones provocadas por la dispersión de información en múltiples fuentes.

Para su desarrollo se recopilaron datos desde bases de datos SQL Server y MongoDB, se realizaron entrevistas a usuarios clave y se diseñaron modelos de datos con arquitectura estrella. El procesamiento y la integración de datos se efectuaron con Pentaho en la etapa ETL, y las visualizaciones se construyeron en Power BI, aplicando principios de usabilidad y validación con retroalimentación de usuarios finales. Los resultados evidenciaron dashboards funcionales con alta valoración en cuanto a utilidad, claridad y relevancia. Se concluye que la solución propuesta contribuye a optimizar las decisiones operativas y estratégicas que son parte del proceso productivo.

Palabras clave: visualización de datos, sensores IoT, inteligencia de negocios, acuicultura, modelo estrella.

Abstract

The purpose of this project is to develop a business intelligence dashboard that allows for the visualization of key indicators in a shrimp farming company by integrating data obtained from IoT sensors and historical production records. The proposal is based on the hypothesis that centralizing and visualizing historical data optimizes operational and strategic analysis, justified by the need to overcome limitations caused by the dispersion of information across multiple sources. For its development, data were collected from SQL Server and MongoDB databases, interviews were conducted with key users, and data models were designed under a star schema architecture.

Data processing and integration were carried out using Pentaho in the ETL stage, and visualizations were built in Power BI, applying usability principles and validation techniques with feedback from end users. The results showed functional dashboards with high ratings in terms of usefulness, clarity, and relevance. It is concluded that the proposed solution contributes to optimizing operational and strategic decisions that are part of the production process.

Keywords: data visualization, IoT sensors, business intelligence, aquaculture, star schema.

Índice general

RESUMEN	I
ABSTRACT	II
ÍNDICE GENERAL	III
ABREVIATURAS.....	V
SIMBOLOGÍA	VI
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VII
ÍNDICE DE TABLAS	VIII
CAPÍTULO 1.....	9
INTRODUCCIÓN	9
1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	9
1.2 JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	9
1.3 OBJETIVOS.....	9
1.3.1 OBJETIVO GENERAL	9
1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	9
1.4 MARCO TEÓRICO	10
1.4.1 TECNOLOGÍAS DE MONITOREO EN ACUACULTURA	10
1.4.2 PROCESAMIENTO E INTEGRACIÓN DE DATOS	10
1.4.3 BUSINESS INTELLIGENCE Y TOMA DE DECISIONES	11
CAPÍTULO 2.....	12
METODOLOGÍA.....	13
2.1 DISEÑO DEL DASHBOARD	13
2.2 SUJETOS DE ESTUDIO	17
2.3 INSTRUMENTOS DE RECOPILACIÓN DE NECESIDADES DE LOS SUJETOS DE ESTUDIO	17
2.4 PROCESO DE INTEGRACIÓN DE DATOS Y ARQUITECTURA ETL	19
2.5 CONSTRUCCIÓN DEL DASHBOARD INTERACTIVO EN POWER BI.....	20
2.6 CONSIDERACIONES ÉTICAS Y LEGALES	21
CAPÍTULO 3.....	21
RESULTADOS Y ANÁLISIS.....	21
3.1 VALIDACIÓN DEL DISEÑO DEL DASHBOARD	21
3.2 ANÁLISIS DE DATOS RECOLECTADOS	25

3.3	COMPARACIÓN DE RESULTADOS	25
3.4	DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	26
3.5	CONCLUSIONES.....	27
CAPÍTULO 4.....		27
	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	27
4.1	CONCLUSIONES.....	27
4.2	RECOMENDACIONES	27
REFERENCIAS.....		29
APÉNDICE A		30

Abreviaturas

PDI	Pentaho Data Integration
ETL	Extract, Transform, Load
BI	Business Intelligence
IoT	Internet of Things
KPI	Key Performance Indicator
FCA	Factor de Conversión Alimenticia
DB	Database
SQL	Structured Query Language
NoSQL	Not Only SQL

Simbología

°C Grados Celsius (temperatura)

mg/L Miligramos por litro (oxígeno)

% Porcentaje

T Tonelada

g/día Gramos por día

Índice de figuras

Fig. 1: Diseño preliminar para tarjetas de valores numéricos del dashboard.....	16
Fig. 2: Diseño preliminar de serie de tiempo compuesta de oxígeno disuelto y temperatura.....	16
Fig. 3: Filtros presentes en el dashboard.....	16
Fig. 4: Esquema del proceso ETL desde fuentes de datos hacia un dashboard BI para cultivo de camarones.....	19
Fig. 5 Prototipo preliminar del dashboard de parámetros ambientales por piscina.	22
Fig. 6 Prototipo preliminar del dashboard de parámetros ambientales general.	22
Fig. 7 Prototipo preliminar del dashboard de producción general.	23
Fig. 8 Prototipo preliminar del dashboard de producción por piscina.	23

Índice de tablas

Tabla I. Análisis comparativo de herramientas de inteligencia de negocios vigentes en el mercado.	13
Tabla II. Tablas de dimensiones del modelo estrella para el dashboard de mediciones ambientales.	14
Tabla III. Tablas de hechos del modelo estrella para el dashboard de mediciones ambientales.....	14
Tabla IV. Tablas de dimensiones del modelo estrella para el dashboard de producción de camarón.	15
Tabla V. Tablas de hechos del modelo estrella para el dashboard de mediciones ambientales.....	15
Tabla VI. Indicadores priorizados por roles participantes en el proceso de producción.....	17
Tabla VII. Respuestas a las preguntas sobre indicadores y métricas de parte de los sujetos de estudio.	
.....	18
Tabla VIII. Respuestas a las preguntas sobre datos recopilados por sensores IoT de parte de los sujetos de estudio.....	18
Tabla IX. Tabla de indicadores y KPIs a visualizados en el dashboard desarrollado.	20
Tabla X. Resultados de validación del dashboard.....	24
Tabla XI. Comparación resultados en aspectos del negocio: antes vs después.....	25

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

1.1 Descripción del Problema

Basado en las necesidades observadas de una empresa camaronera de tamaño mediano, con aproximadamente 50 empleados y dedicada a la producción acuícola en distintas piscinas distribuidas en varias fincas del litoral ecuatoriano, se han identificado diversas limitaciones en la gestión de información operativa y productiva. Esta organización experimenta actualmente una dispersión de los datos relevantes para la toma de decisiones, ya que la información sobre variables como alimentación, oxígeno, temperatura del agua y ciclos de cultivo se encuentra almacenada en diferentes formatos, plataformas o sistemas que no están integrados.

Los responsables de producción, técnicos de finca y personal directivo son quienes enfrentan directamente este problema, al depender de múltiples fuentes para acceder a la información necesaria para supervisar el desempeño de las piscinas o tomar decisiones correctivas. Esta situación genera demoras en los procesos de análisis, confusión entre versiones de datos y una limitada visibilidad del estado real de cada unidad productiva.

Entre los incidentes reportados se encuentran retrasos en la identificación de variaciones críticas en parámetros del agua, decisiones basadas en datos desactualizados y dificultades para cruzar información entre ciclos de cultivo. En un monitoreo realizado durante el primer trimestre, se registraron al menos seis casos en los que una respuesta tardía ante la baja de oxígeno provocó estrés en los animales y una disminución del rendimiento productivo de hasta un 8% en esas piscinas específicas.

La causa principal de esta problemática proviene de la falta de integración y centralización de la información, lo cual impide un acceso ágil, confiable a datos claves. Esta situación compromete la agilidad y efectividad de las operaciones, además de otorgar capacidad limitada de la empresa para identificar patrones o tomar decisiones estratégicas con base en información consolidada. Si esta problemática no se atiende, podrían acentuarse los riesgos operativos como pérdidas productivas, aumento de costos, y disminución en la calidad final del producto.

1.2 Justificación del Problema

Estudios recientes han demostrado que una de las problemáticas más frecuentes en la acuicultura de camarón es la falta de monitoreo continuo de parámetros críticos del agua como el oxígeno disuelto y la temperatura, lo que conlleva altos índices de mortalidad y una reducción significativa en la calidad del producto final. Esta situación se agrava cuando el monitoreo depende únicamente de controles manuales o poco frecuentes, lo que impide reaccionar a tiempo ante condiciones desfavorables en el entorno acuático. Una mala gestión de estos parámetros puede generar acumulación de metabolitos dañinos y afectar el crecimiento y la supervivencia de los camarones [1].

En Brunei, por ejemplo, se identificó que la mayoría de las granjas realizan pruebas manuales de calidad del agua solo una o dos veces al día, lo que genera desfases que afectan la producción. Esta falta de control oportuno ha sido señalada como un factor que incrementa el riesgo de enfermedades y reduce la eficiencia operativa en los cultivos de camarón [2]. Este contexto internacional evidencia que el problema de la dispersión y desactualización de datos no es exclusivo de una región, sino un desafío compartido por la industria acuícola a nivel global.

1.3 Objetivos

1.3.1 *Objetivo general*

Validar el diseño de un dashboard desarrollado en una herramienta de inteligencia de negocios, con técnicas de extracción e integración de datos, para visualizar métricas clave que apoyen la toma de decisiones estratégicas en una empresa camaronera.

1.3.2 *Objetivos específicos*

1. Recolectar datos relevantes desde las bases de datos disponibles y mediante entrevistas a personas clave del negocio para el mejoramiento de toma de decisiones estratégicas.
2. Diseñar un modelo de datos que permita integrar la información de distintas fuentes por medio de plataformas open source.
3. Validar el dashboard en inteligencia de negocios que facilite la visualización y el análisis de la información.

1.4 Marco teórico

1.4.1 *Tecnologías de monitoreo en acuacultura*

IoT aplicado al monitoreo de la empresa acuícola. El Internet de las Cosas (IoT), según [3], es una tecnología que le concede a los dispositivos físicos la capacidad de conectarse por medio de redes digitales, posibilitando el intercambio de información de forma inmediata. En el ámbito acuícola, su implementación ha resultado fundamental para el seguimiento de parámetros ambientales esenciales como el oxígeno disuelto, la temperatura, el pH y la conductividad eléctrica, los cuales según Kajornkasirat [4] inciden directamente en la salud y el crecimiento de especies como camarones y peces. Estos sensores pueden instalarse en estanques o tanques, proporcionando datos continuos y precisos sobre las condiciones del entorno acuático. De acuerdo con Suhaili [5], esta tecnología además de optimizar las operaciones, disminuye la necesidad de métodos de control manual, favoreciendo la toma de decisiones fundamentadas, oportunas y respaldadas por información en tiempo real, especialmente en sistemas de cultivo intensivo.

Además de la recopilación de datos en tiempo real, las soluciones basadas en IoT aplicadas a la acuicultura están evolucionando hacia arquitecturas más robustas, como la combinación de plataformas edge-cloud. Este enfoque permite procesar y analizar datos directamente en los dispositivos locales (edge) antes de enviarlos a la nube, reduciendo significativamente la latencia e incrementando la capacidad de respuesta ante eventos críticos. Ubina et al. [6] propone una arquitectura basada en sistemas gemelos funcionando de manera sincronizada y bidireccional con información en tiempo real, donde se complementa con técnicas de aprendizaje profundo, las cuales permiten entrenar modelos predictivos distribuidos sin necesidad de centralizar los datos, preservando así la privacidad de la información de cada finca, complementando lo mencionado por [7], donde se habla de granjas completamente automatizadas y entrenadas en sus totalidad con inteligencia artificial. Esta integración es especialmente útil en entornos donde la conectividad es limitada o intermitente, ofreciendo una solución escalable, segura y eficiente para el monitoreo inteligente en granjas acuícolas de distintas capacidades y niveles tecnológicos.

En la actualidad, fuentes de datos heterogéneas de empresas acuícolas comprenden una diversidad de información que proviene de distintos orígenes, formatos y estructuras, tales como los datos generados por sensores IoT, registros manuales de campo, sistemas de gestión tecnológica y bases de datos externas. Esta variedad de fuentes refleja la complejidad del entorno acuícola, donde se combinan variables ambientales, operativas y biológicas para garantizar un manejo eficiente. La integración de estos datos es fundamental para construir una visión integral del estado real de una granja acuícola [8]. Al unificar información proveniente de múltiples puntos de recolección, no solo se mejora la calidad de los análisis realizados, sino que también se facilita la identificación de patrones ocultos, tendencias y anomalías, lo cual resulta clave para la respaldar decisiones estratégicas basadas en datos [9] según Semar-Bitah.

Además de los registros manuales y sensores IoT, en la acuicultura moderna se han identificado nuevas fuentes de información relevantes como APIs externas (por ejemplo, precios de alimentos o condiciones climáticas) y archivos planos con datos históricos aún no automatizados. Esta diversidad implica que los datos provienen de formatos estructurados, semiestructurados y no estructurados, cada uno con sus desafíos técnicos. Según Benjelloun y sus colegas [10], esta variedad requiere arquitecturas de datos robustas capaces de soportar múltiples formatos y procesos de ingestión diferenciados, como los contemplados en una arquitectura de data lake, que permite almacenar y procesar todos estos tipos de datos sin necesidad de normalizarlos previamente.

1.4.2 *Procesamiento e integración de datos*

Conceptos y herramientas para procesos ETL. En base a la publicación de Zarate [11] el proceso ETL (Extract, Transform, Load) es una herramienta esencial para unificar grandes volúmenes de datos provenientes de múltiples fuentes, especialmente en entornos complejos como la acuicultura moderna. Este proceso se divide en tres etapas esenciales: extracción, donde se recopilan los datos desde múltiples fuentes; transformación, proceso donde los datos se limpian, estructuran y adaptan a un formato homogéneo que facilite su análisis; y finalmente la carga, que consiste en introducir los datos ya procesados en un repositorio de destino, como un data warehouse o una base de datos operativa. Como se expone en [11], el proceso ETL es indispensable en la arquitectura de soluciones de inteligencia

de negocio, ya que permite organizar la información dispersa y asegurar su calidad antes del análisis. Esta metodología se convierte en un componente clave para transformar registros en bruto en conocimiento procesable, el cual contribuirá en respaldar las decisiones estratégicas.

Aplicación de ETL en sistemas de monitoreo acuícola. La utilización del proceso ETL (Extract, Transform, Load) en entornos acuícolas permite gestionar grandes volúmenes de datos generados por sensores IoT, bases de datos internas y otras fuentes heterogéneas, consolidando esta información en repositorios centralizados para su posterior análisis. Este enfoque resulta especialmente valioso al combinar datos estructurados y no estructurados, asegurando consistencia, calidad y disponibilidad en el momento oportuno para quienes deben tomar decisiones. Como se indica en [12], las técnicas ETL aplicadas a datos de sensores permiten transformar información cruda en conocimiento procesable, lo cual es esencial en contextos donde se requiere monitoreo en tiempo real y capacidad de respuesta ante variaciones ambientales. En sistemas de acuicultura inteligente, la adopción de estas metodologías permite no solo optimizar procesos operativos, sino también anticiparse a riesgos mediante el análisis histórico y predictivo de las condiciones del cultivo.

1.4.3 *Business Intelligence y toma de decisiones*

Definición de BI y sus componentes. La Inteligencia Empresarial (BI) se define como un conjunto de herramientas tecnológicas y metodologías orientadas a recopilar, organizar, analizar y presentar datos con el fin de respaldar decisiones estratégicas en una organización [9]. Entre sus principales elementos se incluyen sistemas para la generación de informes, dashboards interactivos, análisis predictivo y el uso de técnicas avanzadas de visualización de información. En el ámbito acuícola, los sistemas de BI se convierten en aliados estratégicos para los responsables de la gestión, puesto que facilitan la revisión de información relevante de manera ágil y precisa. Esto favorece no solo la detección temprana de problemas operativos o ambientales, sino también el análisis de tendencias históricas y la formulación de estrategias más eficaces. Según Tang, Deng y Huang [13], la aplicación de tecnologías de Big Data en la BI puede transformar los datos generados por las organizaciones en información de alto valor para la planificación empresarial estratégica.

Analítica de datos en la toma de decisiones. En base a lo mencionado por Shahnawaz y Kumar [14], la analítica de datos se enfoca en examinar grandes cantidades de información para distinguir patrones, tendencias y relaciones observables que contribuyan al proceso de toma de decisiones. En la acuicultura, esta herramienta se ha consolidado como un recurso clave para optimizar procesos productivos, predecir rendimientos futuros y mejorar la eficiencia operativa global. Mediante su implementación, es posible detectar oportunidades de optimización en aspectos críticos como la administración de recursos, la salud de las especies acuáticas y la calidad del agua. Este enfoque, sustentado en evidencia empírica, permite a los productores realizar decisiones más precisas y oportunas, incrementando la rentabilidad y promoviendo prácticas más sostenibles. Tal como indican Mathoho y Pillay [15], la analítica de datos brinda a las organizaciones acuícolas la capacidad de responder con mayor agilidad y exactitud a los retos dinámicos del sector, gracias a información procesada y convertida en conocimiento útil.

Además del valor operativo que la analítica de datos aporta a la acuicultura, su aplicación permite integrar el conocimiento experto de los acuicultores con modelos matemáticos avanzados, mejorando así la comprensión de los procesos productivos y ambientales. Según Costa y Rihtar [16], métodos utilizados en la minería de datos y modelado estadístico en proyectos como AquaSmart ha permitido transformar datos recolectados en conocimiento accionable, facilitando la predicción del rendimiento, el ajuste de estrategias de alimentación y la identificación de anomalías en los ciclos de producción. Esta sinergia entre tecnología y experiencia del campo promueve decisiones más informadas, precisas y personalizadas según las características de cada unidad de producción.

KPIs clave y su visualización en dashboards en producción camaronera. En la industria de la acuicultura, la identificación y visualización de indicadores clave de rendimiento (KPIs) es fundamental para una gestión eficiente de la producción camaronera. Parámetros como el pH, la temperatura del agua y la turbidez impactan directamente en

la salud y productividad de los camarones, por lo que su monitoreo permite detectar variaciones que podrían causar enfermedades o mortalidad, comprometiendo la calidad del producto final.

En un estudio realizado en Brunei, Suhaili, Sulaiman, y Mustapha [2] desarrollaron un prototipo basado en IoT para automatizar el monitoreo de estos KPIs mediante sensores, los cuales realizan mediciones y se comunican con una aplicación web que presenta los datos en tiempo real a través de un dashboard visual. Esta interfaz incluye alertas configuradas para notificar al personal cuando los valores están fuera de los rangos definidos, lo que permite una supervisión remota eficiente y decisiones rápidas basadas en datos.

Complementariamente, Widyaningrum [17] propone un conjunto de KPIs específicos para la cadena de suministro del camarón Vannamei, como la tasa de supervivencia, el índice de conversión alimenticia y la calidad del agua, que resultan fundamentales para evaluar el desempeño y garantizar la sostenibilidad del cultivo. La integración de estos indicadores en dashboards interactivos ofrece a los acuicultores la capacidad de identificar mejoras a implementar a futuro y optimizar sus operaciones de forma proactiva y basada en evidencia.

CAPÍTULO 2

METODOLOGÍA.

Este proyecto se desarrolló con un alcance descriptivo con un diseño transversal, ya que tanto el objetivo general como el alcance están enfocados en capturar, procesar y analizar datos en un momento determinado. El propósito del trabajo fue analizar y organizar datos provenientes de dos fuentes principales: una base de datos relacional SQL con información histórica de producción camaronesa, y una base de datos no relacional en MongoDB que almacena registros en tiempo real generados por sensores IoT ubicados en piscinas de cultivo, para posteriormente diseñar y validar un dashboard interactivo, el cual respalde las decisiones estratégicas en una compañía camaronesa.

Se optó por un diseño transversal principalmente porque el análisis de los datos se centra en un corte puntual, usando información histórica sobre qué datos claves se debería tomar en cuenta para el análisis correspondiente del cultivo de camarón. No se buscó estudiar cómo evolucionan las variables en el tiempo, sino identificar y representar las métricas clave relevantes para el momento actual.

2.1 Diseño del Dashboard

El diseño preliminar del dashboard se elaboró en base a la información adquirida de la literatura y validada mediante entrevistas con especialistas del área de producción camaronesa. Estos aportes permitieron identificar métricas esenciales, necesarias para ser consideradas en el proceso productivo.

Para el desarrollo del dashboard con datos de producción de camarón, existen en el mercado varias herramientas enfocadas al análisis de datos e inteligencia de negocios que nos iban a ser útiles para nuestro propósito. Para elegir cuál usar, evaluamos características claves de las diferentes opciones disponibles. Podemos observar la comparativa de las herramientas en la Tabla I.

Tabla I. Análisis comparativo de herramientas de inteligencia de negocios vigentes en el mercado.

Característica	Power BI	Tableau	Metabase	Qlik Sense
Facilidad de uso	Muy intuitiva para usuarios con experiencia en Excel	Interfaz visual avanzada, pero puede requerir curva de aprendizaje	Muy sencilla, ideal para usuarios no técnicos	Buena usabilidad, aunque algo más técnica que Power BI
Conectividad de datos	Alta compatibilidad con SQL Server, Excel, Web, APIs, etc.	Alta, incluye muchas fuentes nativas	SQL, PostgreSQL, MongoDB, Google Sheets	Amplia variedad de conectores disponibles
Integración con otras herramientas	Nativa con Microsoft 365, Azure, bases de datos como SQL Server y MongoDB	Compatible con Salesforce, Google Analytics, etc.	Menor integración con herramientas empresariales.	Buen nivel de integración con ERP y otras plataformas BI
Costo	Versión Desktop gratuita; licencia Pro económica	Licencias más costosas	Open source (gratis); planes pagos para cloud	Costo más alto comparado con Power BI y Metabase
Limitaciones	Puede ser menos flexible que Tableau para visuales complejas	Licenciamiento costoso, alto consumo de recursos	Visuales limitadas, menor capacidad de análisis complejo	Costoso, curva de aprendizaje más empinada

Basado en el cuadro comparativo, concluimos que, debido a la alta compatibilidad con nuestras fuentes de datos, bajo costo y a la facilidad de uso, la herramienta más adecuada para nuestro caso de uso fue Power BI, la cual cuenta con integraciones a las fuentes de datos que usamos para este proyecto, como SQL Server, MongoDB y Excel.

Para poder modelar los datos y usarlos en el dashboard, usamos el modelo estrella, donde sepáramos nuestras tablas en dimensiones y hechos. Debido a las necesidades de los encargados del área de producción de camarón, nuestra solución se compone de dos dashboards construidos en Power BI, cada uno basado en un modelo estrella independiente.

El primer dashboard se enfocó en el análisis de variables ambientales recolectadas por los sensores IoT instalados en las piscinas, utilizando exclusivamente los datos correspondientes al año 2024.

Las tablas de dimensiones y hechos que compusieron este modelo estrella se encuentran detalladas en Tabla II y Tabla III respectivamente.

Tabla II. Tablas de dimensiones del modelo estrella para el dashboard de mediciones ambientales.

Nombre de tabla	Atributos	Descripción
Dim_sensor	id_sensor	ID único del sensor
	tipo_sensor	Ej. Oxígeno, Temperatura, Saturación
	modelo	Si aplica (marca, modelo)
	estado	Activo, desconectado, etc.
Dim_pond_extended	id_piscina	ID de la piscina
	nombre	Nombre de la piscina
	finca	Nombre de Finca
	volumen_m3	Volumen estimado
	tipo_piscina	Geomembrana, natural, etc.
Dim_metric	id_métrica	ID de la métrica
	nombre	Oxígeno disuelto, temperatura, etc.
	unidad	mg/L, °C, %
Dim_Date	id_fecha	Fecha única
	fecha	Fecha completa
	año	Año
	mes	Mes
	semana	Semana del año
	día	Día del mes
	día_semana	Lunes, martes, etc.
	trimestre	Trimestre del año

Tabla III. Tablas de hechos del modelo estrella para el dashboard de mediciones ambientales.

Nombre de tabla	Atributos	Descripción
Fac_environmental_measure	id_medición	Identificador medición
	id_sensor	FK a Dim_Sensor
	id_piscina	FK a Dim_Piscina
	id_métrica	FK a Dim_Métrica
	id_fecha	FK a Dim_Fecha
	valor_medido	Valor registrado por el sensor
	unidad	Unidad estándar (mg/L, °C, %)
	fecha_medición	Fecha de la medición

El segundo dashboard presentó indicadores productivos agregados, como la tasa de conversión alimenticia, el crecimiento promedio diario, el porcentaje de supervivencia y la biomasa estimada.

Las tablas de dimensiones y hechos que conformaron en este caso el modelo estrella se encuentran detalladas en las Tabla IV y Tabla V respectivamente.

Tabla IV. Tablas de dimensiones del modelo estrella para el dashboard de producción de camarón.

Nombre de tabla	Atributo	Descripción
dimdate_seed	day	Día del mes
	day_of_week	Número del día de la semana
	day_of_week_name	Nombre del día de la semana
	day_of_year	Número del día del año
	end_date	Fecha de finalización del rango
	generated_date	Fecha generada para referencia temporal
	month	Número del mes
	month_name	Nombre del mes
	quarter	Trimestre del año
	start_date	Fecha de inicio del rango
	week_number	Número de semana del año
	year	Año de siembra
	day	Día del mes
	day_of_week	Número del día de la semana
	day_of_week_name	Nombre del día de la semana
	day_of_year	Número del día del año
	end_date	Fecha de finalización del rango
	generated_date	Fecha generada para referencia temporal
	month	Número del mes
	month_name	Nombre del mes
	quarter	Trimestre del año
	start_date	Fecha de inicio del rango
	week_number	Número de semana del año
	year	Año de cosecha
ABW_Ranges	ABW_Order	Orden del rango de peso promedio
	ABW_Range	Rango promedio de peso de los camarones (ABW)
FCA_Ranges	FCA_Order	Orden del rango de conversión alimenticia
	FCA_Range	Rango del valor de FCA (eficiencia alimenticia)

Tabla V. Tablas de hechos del modelo estrella para el dashboard de mediciones ambientales.

Nombre de tabla	Atributo	Descripción
facshrimpproduction	AWG_Range	Rango promedio de peso del camarón
	biomass_quantity	Cantidad total de biomasa estimada en el ciclo
	cycle_code	Código identificador del ciclo productivo
	daily_growth	Crecimiento diario promedio (g/día)
	daily_kg_per_hectare	Producción diaria estimada por hectárea (kg)
	daily_kg_per_pond	Producción diaria estimada por piscina (kg)
	days_of_cycle	Duración del ciclo en días
	density	Densidad de siembra (individuos/m ² o kg/ha)
	fca	Factor de Conversión Alimenticia (kg alimento / kg biomasa)

Diseño visual del dashboard

Desde el punto de vista visual, se aplicaron principios de diseño centrados en la claridad, jerarquía informativa y eficiencia cognitiva. Cada dashboard fue diseñado para mostrar la información relevante de manera intuitiva y funcional para los usuarios.

Nuestro primer dashboard, corresponde al dashboard ambiental donde se utilizó una paleta de colores asociativa:

- Azul para oxígeno disuelto por su relación con el agua.
- Naranja para temperatura, denotando su relación con variaciones térmicas.
- Verde agua para saturación.

Se empleo la fuente Segoe UI, con un tamaño de letra de 18-24 pt para valores numéricos destacados (tarjetas de temperatura, saturación y oxígeno disuelto), y de 10-12 pt para etiquetas y ejes de gráficos. La visión preliminar de este diseño puede verse en Fig. 1.

Fig. 1:

Diseño preliminar para tarjetas de valores numéricos del dashboard.



El diseño preliminar estimado para los gráficos donde se usan los colores en base al tipo de dato ambiental medido puede verse en Fig. 2.

Fig. 2:

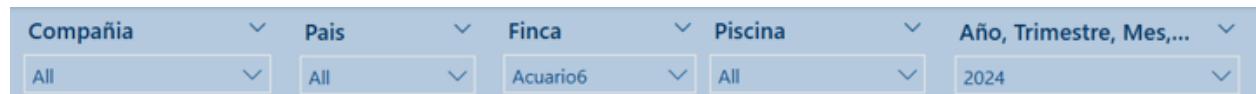
Diseño preliminar de serie de tiempo compuesta de oxígeno disuelto y temperatura.



Se ubicaron en la parte superior los filtros generales (compañía, finca, piscina, año, trimestre), los cuales funcionan de manera sincronizada entre visualizaciones. Los filtros se encuentran organizados de tal manera que se representa la jerarquía del concepto de cada filtro de izquierda a derecha (compañía, país, finca, piscina) según los mostrado en Fig. 3.

Fig. 3:

Filtros presentes en el dashboard.



El segundo dashboard corresponde a los indicadores productivos claves necesarios para el control del proceso de producción de camarón, el cual llevará los mismos principios de diseños aplicados en el primer dashboard.

2.2 Sujetos de estudio

Los informantes estuvieron conformados por directivos de la empresa camaronera y responsables del área de producción, quienes participaron en dos momentos clave: la recolección de información para el diseño del dashboard y la validación del prototipo desarrollado. Estos informantes han sido seleccionados debido a su rol estratégico en la toma de decisiones operativas y su conocimiento profundo de los procesos productivos.

Se trabajó con una muestra representativa de informantes, seleccionando únicamente aquellos directamente involucrados en las decisiones relacionadas con la producción camaronera. No se incluyó a todos los miembros de la empresa, ya que el objetivo principal fue enfocarse en los perfiles capaces de aportar información clave para la evaluación y comprobación del sistema de Inteligencia Empresarial.

El tipo de muestreo aplicado fue por juicio del investigador, eligiendo de manera intencionada a los informantes que, por su experiencia, responsabilidad y conocimiento del negocio, permitan asegurar la pertinencia y efectividad del dashboard diseñado. Esta estrategia metodológica garantiza que el prototipo desarrollado esté alineado a las verdaderas necesidades de información del área productiva de la empresa.

Con el fin de profundizar en los requerimientos funcionales, se identificaron tres expertos con distintos niveles de vinculación en la operación: un supervisor de producción interno de la empresa camaronera, y dos consultores técnicos externos con experiencia trabajando en múltiples fincas. Las entrevistas realizadas a ellos, nos permitió recopilar información sobre los indicadores productivos y parámetros ambientales considerados prioritarios en el proceso de producción de camarón. En la Tabla VI se detallan los roles de cada participante, así como las métricas e indicadores que priorizaron.

Tabla VI. Indicadores priorizados por roles participantes en el proceso de producción.

Rol	Métricas / Indicadores	Parámetros Ambientales
Supervisor de Producción	<ul style="list-style-type: none">- Consumo diario de alimento por piscina- FCA final por piscina- Días de cultivo- Supervivencia- Biomasa por piscina- % Body Weight real	<ul style="list-style-type: none">- Oxígeno disuelto- Temperatura del agua- Saturación de oxígeno
Especialista en acuicultura	<ul style="list-style-type: none">- Promedio de consumo semanal- Crecimiento del tamaño del camarón- Densidad- Tasa de crecimiento- Biomasa por hectárea- Diferencia entre lo planificada	<ul style="list-style-type: none">- Oxígeno disuelto- Temperatura del agua
Especialista en acuicultura	<ul style="list-style-type: none">- Crecimiento lineal por día- Supervivencia (%)- % Body Weight (tabla, curva)- Alimento diario y acumulado	<ul style="list-style-type: none">- Oxígeno disuelto- Saturación de oxígeno

2.3 Instrumentos de recopilación de necesidades de los sujetos de estudio

Para la obtención de datos en este proyecto de tesis se empleó dos instrumentos complementarios. En una primera fase, se aplicó una guía de entrevista semiestructurada dirigida a usuarios clave de la empresa camaronera, con el propósito de identificar las necesidades estratégicas de información, las variables críticas de producción que consideran más relevantes y sus preferencias en cuanto a la forma de visualizar los datos. Esta intervención inicial permitió levantar los requerimientos funcionales necesarios para orientar el diseño del dashboard interactivo.

En una segunda etapa, se aplicó un cuestionario digital estructurado mediante la herramienta Google Forms. Este formulario tendrá como objetivo validar la utilidad, la claridad y la pertinencia del dashboard construido. Estará compuesto por 10 preguntas, organizadas en bloques temáticos que abordarán aspectos como: (1) la satisfacción con la visualización de las métricas, (2) la percepción sobre la facilidad de uso e interpretación del dashboard, (3) el grado

de adecuación de los indicadores seleccionados, y (4) sugerencias específicas de mejora. El formulario puede encontrarse en el apéndice A.

La combinación de ambos instrumentos permitirá recopilar información detallada tanto para el diseño inicial como para la validación final del prototipo, asegurando que el dashboard responda de manera efectiva a las necesidades reales de producción y apoye el proceso de decisiones estratégicas en la organización.

Con respecto a las entrevistas realizadas a expertos en producción camaronería, se obtuvieron los siguientes datos clave representados en Tabla VII.

Tabla VII. Respuestas a las preguntas sobre indicadores y métricas de parte de los sujetos de estudio.

Pregunta	Resumen de respuestas
¿Qué indicadores o métricas considera más importantes para evaluar la producción?	<ul style="list-style-type: none"> - Consumo diario de alimento por piscina - Promedio de consumo semanal - Crecimiento del tamaño del camarón - Días de cultivo - FCA final por piscina
¿Qué decisiones se toman con base en estas métricas?	<ul style="list-style-type: none"> - Ajustar la cantidad de alimento diario según el historial - Identificar si las piscinas están estancadas en crecimiento
¿Qué elementos visuales facilitarían el análisis en el dashboard?	<ul style="list-style-type: none"> - Gráficas comparativas entre piscinas - Visualización por semana, piscina, y ciclo - Alertas por desviaciones significativas
¿Qué otros datos productivos consideran relevantes para incluir?	<ul style="list-style-type: none"> - Supervivencia - Densidad - Biomasa acumulada - % Body Weight utilizado - Alimento diario y acumulado - Tasa de crecimiento

Además de los datos y métricas de producción, las entrevistas incluyeron preguntas relacionadas con los datos generados por los sensores IoT, con el fin de comprender que variables ambientales eran consideradas críticas dentro del proceso productivo y, por ende, debían incorporarse en el dashboard diseñado. Los datos adquiridos son presentados en la Tabla VIII.

Tabla VIII. Respuestas a las preguntas sobre datos recopilados por sensores IoT de parte de los sujetos de estudio.

Pregunta	Resumen de respuestas
¿Qué parámetros ambientales monitorean actualmente mediante sensores?	<ul style="list-style-type: none"> - Oxígeno disuelto - Temperatura del agua - Saturación de oxígeno
¿Qué decisiones se toman a partir de estos datos?	<ul style="list-style-type: none"> - Activar o desactivar sopladores (aireación) cuando el oxígeno cae por debajo de niveles críticos - Ajustar la alimentación (disminuirla si el oxígeno está bajo, ya que los camarones comen menos) - Monitorear estrés térmico si la temperatura excede los valores óptimos - Prevenir mortalidad al detectar condiciones adversas antes de que afecten
¿Con qué frecuencia consultan esta información y cómo esperan verla reflejada en el dashboard?	<ul style="list-style-type: none"> - Idealmente en tiempo real o con alertas - Esperan ver gráficas por día, piscina y comparativas entre períodos - Desean identificar rápidamente desviaciones del rango óptimo para cada parámetro

Estos datos recopilados fueron fundamentales para la definición de métricas, indicadores y valores generados por sensores IoT posteriormente se incorporaron en los dos dashboard diseñados para el monitoreo ambiental y productivo.

2.4 Proceso de integración de datos y arquitectura ETL

La etapa de integración de datos se desarrolló mediante la herramienta Pentaho Data Integration (PDI), la cual permitió diseñar una arquitectura ETL (Extract, Transform, Load) adecuada para unificar datos provenientes de dos fuentes de datos. La primera fuente contiene información histórica de producción camaronera almacenada en una base de datos relacional SQL Server. La segunda fuente contiene datos recolectados de los sensores IoT ubicados en piscinas de cultivo disponible en una base de datos no relacional Mongo DB

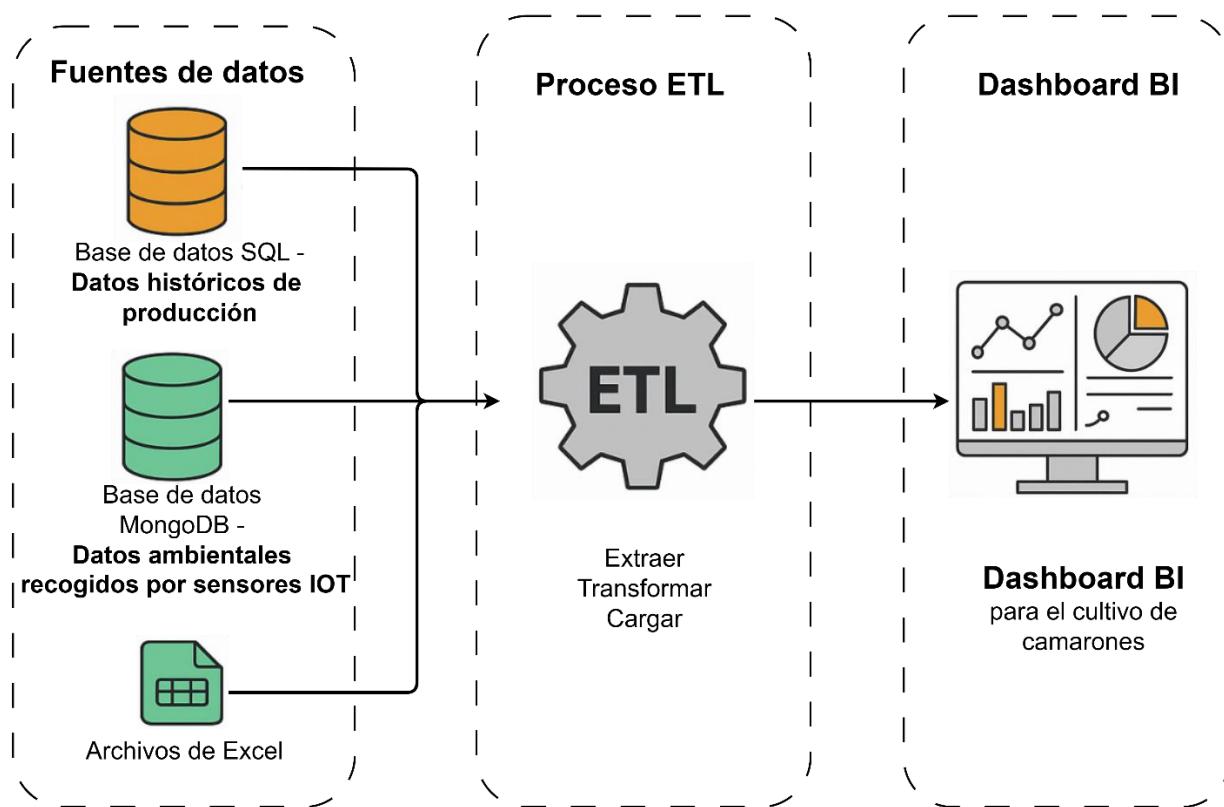
El flujo de integración de datos se dispuso de la siguiente forma:

1. Extracción de datos históricos provenientes SQL Server sobre ciclos de cultivo, alimentación, rendimiento y condiciones generales.
2. Extracción de datos en tiempo real desde los sensores IoT relacionados con variables críticas como temperatura, oxígeno disuelto y saturación del agua.
3. Transformación y limpieza de los datos mediante Pentaho para eliminar inconsistencias y datos duplicados. Se eliminaron valores nulos, se unificaron formatos de fechas y se calcularon métricas y KPIs
4. Carga y modelado de los datos en el entorno de Power BI, organizando las tablas en modelos estrella separados para facilitar el análisis por tipo de métrica (ambiental vs productiva), y configurando las relaciones entre dimensiones y hechos.

Este flujo de integración descrito se encuentra representado de forma gráfica Fig. 4.

Fig. 4:

Esquema del proceso ETL desde fuentes de datos hacia un dashboard BI para cultivo de camarones.



Para asegurar la trazabilidad, cada consulta de Pentaho Data Integration fue documentada y conservó una secuencia lógica mediante los pasos aplicados, lo cual permitió rastrear el recorrido de cada dato desde su origen hasta su visualización final.

En cuanto a la validez de los datos, se implementaron reglas de validación específicas:

- Verificación de correspondencia entre fechas de medición y ciclos activos.
- Homologación de unidades y formatos en todas las fuentes.
- Validación de cada valor, según su tipo de dato esperado.

Estas medidas tomadas permitieron construir un modelo analítico confiable, que respaldas la interpretación de indicadores críticos dentro de los dashboards desarrollados.

2.5 Construcción del dashboard interactivo en Power BI

La elaboración del dashboard se realizó en la herramienta Power BI Desktop, debido a su facilidad de integración con múltiples fuentes de datos, su capacidad de visualización interactiva y sus herramientas de análisis integradas.

El desarrollo del dashboard se basó en los requerimientos funcionales identificados durante las entrevistas con los expertos. Se diseñaron visualizaciones enfocadas en mostrar tanto indicadores productivos clave como variables ambientales críticas. En la Tabla IX, se presenta información resumida de los principales valores visualizados en el dashboard.

Tabla IX. Tabla de indicadores y KPIs a visualizados en el dashboard desarrollado.

Área	Dimensión	Indicador	Frecuencia de actualización	Tipo de visualización	Utilidad esperada
Producción	Piscina, Ciclo	Tasa de Conversión Alimenticia (FCA)	Diaria	Tarjeta numérica, gráfico de columnas	Medir eficiencia del uso de alimento
Producción	Piscina, Fecha	Crecimiento Promedio (g/día)	Diaria	Línea de tendencia	Evaluar rendimiento por periodo
Producción	Finca, Ciclo	Biomasa Estimada	Semanal	Gráfico de área	Estimar volumen de producción
Ambiental	Piscina, Fecha	Temperatura del agua	Diaria	Gráfico de línea	Identificar estrés térmico
Ambiental	Piscina, Fecha	Oxígeno Disuelto	Diaria	Gráfico de línea con bandas de control	+ Prevenir condiciones críticas
Ambiental	Piscina, Fecha	Saturación de oxígeno	Diaria	Gráfico combinado	Verificar niveles de aireación
Producción	Ciclo, Finca comparativa	Comparativa entre ciclos productivos	Mensual	Gráfico de barras apiladas	Analizar tendencias de rendimiento
Producción/ Ambiental	Piscina	Alertas por desviaciones críticas	Diaria	Indicadores con codificación de color	Detectar y reaccionar a eventos anómalos

Durante el proceso de construcción, se aplicaron principios de diseño como:

- Simplicidad visual
- Jerarquía informativa
- Codificación por colores
- Filtrado dinámico

La herramienta permitió la actualización periódica de los datos mediante conexiones programadas desde Pentaho Data Integration y, configuradas para simular disponibilidad diaria de información consolidada. Esto hizo posible un flujo de datos confiable y automatizado desde las fuentes originales hasta el modelo visual.

Este diseño y desarrollo iterativo permitió ajustar el dashboard con base en los comentarios obtenidos de los usuarios clave, garantizando su pertinencia operativa y estratégica.

Metodología de desarrollo

Se utilizó un modelo de desarrollo en cascada, adecuado para proyectos con alcance y objetivos bien definidos desde el inicio. El proceso siguió las siguientes fases:

1. Levantamiento de requerimientos mediante entrevistas.
2. Diseño del modelo de datos y dashboard.
3. Implementación del proceso ETL con Pentaho Data Integration.
4. Construcción del dashboard en Power BI.
5. Validación con usuarios clave.

Este enfoque permitió una secuencia clara y controlada del desarrollo, que culminó con una validación funcional alineada a los objetivos del proyecto.

Especificaciones técnicas de la solución

- Herramienta ETL: Pentaho Data Integration
- Herramienta de visualización: Power BI Desktop
- Bases de datos:
 - SQL Server (producción histórica)
 - MongoDB (datos ambientales)
- Modelo de datos: Estrella (dos modelos separados: ambiental y productivo)
- Frecuencia de actualización: diaria, con datos del día anterior
- Tipo de conexión: importación con actualización programada

2.6 Consideraciones éticas y legales

Durante el desarrollo del proyecto, se aplicaron medidas de protección de datos y ética de manejo de información. No se incluyó informacional ni identificaciones sensibles, y todos los datos que han sido utilizados fueron estrictamente de carácter técnico y operativo. Los datos usados en el análisis fueron exclusivamente empleados con fines académicos en el marco del presente trabajo de titulación. Se respetaron los principios de confidencialidad institucional acordados con la empresa camaronesa.

CAPÍTULO 3

RESULTADOS Y ANÁLISIS

Como resultados obtenidos del desarrollo de este proyecto, nos encontramos con los dashboard desarrollados en Power BI, con base en los modelos estrella definidos para el análisis de métricas ambientales y productivas en una empresa camaronesa. Los datos que han sido analizados corresponden a registros históricos los cuales fueron procesados mediante técnicas de integración y transformación para su vez, ser visualizados a través de interfaces diseñadas para facilitar la toma de decisiones.

Como parte del análisis final para los dashboard desarrollados, presentamos las respuestas al formulario de retroalimentación, de parte de los responsables del área productiva de la empresa camaronesa, donde nos indicaron que tan satisfechos se encuentran con el diseño general, así como la información visualizada en ambos dashboards. Finalmente, tomaremos en cuenta las sugerencias de mejora obtenidas por parte de los entrevistados para una segunda fase de ajuste de ambos dashboards.

3.1 Validación del diseño del dashboard

Se desarrollaron dos dashboards independientes:

- El primero visualizado en Fig. 5 y Fig. 6, el cual se enfoca en mostrar las variables ambientales monitoreadas por sensores IoT: oxígeno disuelto, temperatura del agua y saturación del oxígeno. Estos datos fueron filtrados y consolidados por finca, piscina y periodo de cultivo.
- El segundo dashboard visualizado en Fig. 7 y Fig. 8, se enfoca en mostrar las métricas productivas clave como FCA, crecimiento promedio diario, biomasa estimada, supervivencia etc.

Fig. 5

Prototipo preliminar del dashboard de parámetros ambientales por piscina.



Fig. 6

Prototipo preliminar del dashboard de parámetros ambientales general.

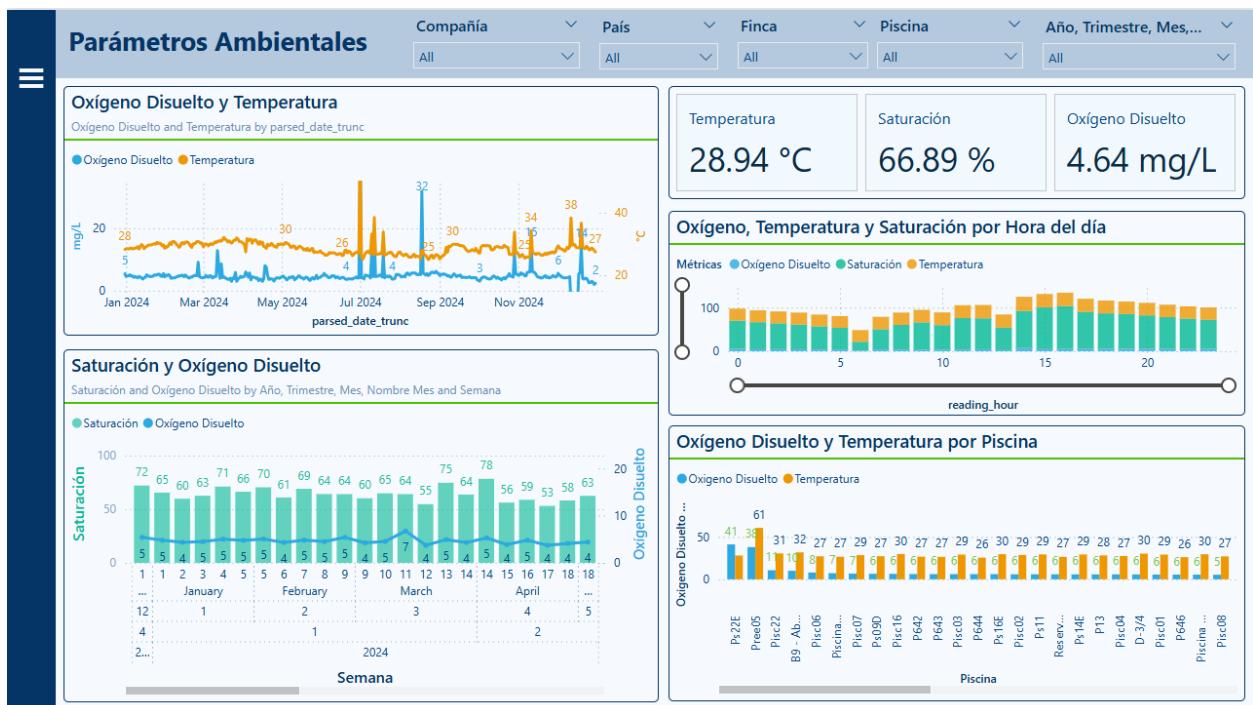


Fig. 7

Prototipo preliminar del dashboard de producción general.



Fig. 8

Prototipo preliminar del dashboard de producción por piscina.



Para validar los dashboards desarrollados, se llevó a cabo una fase de validación mediante la aplicación de un formulario estructurado, dirigido a los responsables del área productiva de la empresa camaroneña. Esta validación tuvo como objetivo evaluar la claridad, pertinencia y facilidad de uso de los dashboards desarrollados, así como recolectar sugerencias y observaciones directamente de los usuarios finales.

La validación se realizó mediante un formulario en línea a través de la plataforma Google Forms, y se estructuraron 10 preguntas organizadas en los siguientes bloques:

1. Satisfacción con respecto a la visualización de métricas
2. Percepción sobre la facilidad de uso e interpretación
3. Adecuación de los indicadores seleccionados
4. Sugerencias para mejoras funcionales o visuales

Los resultados agrupados se presentan de forma anónima en la Tabla X, a fin de preservar la confidencialidad de los participantes.

Tabla X. Resultados de validación del dashboard.

Bloque	Pregunta	Resumen de Resultados		
1. Visualización de métricas	¿Qué tan satisfecho(a) estás con la claridad visual de las métricas?	66.7%	Muy satisfecho(a), Satisfecho(a)	33.3%
1. Visualización de métricas	¿El diseño gráfico y los colores facilitan la comprensión?	77.8%	Totalmente de acuerdo, 22.2% De acuerdo	
2. Facilidad de uso	¿Fue fácil navegar por los elementos del dashboard?	55.6%	Sí, totalmente; 44.4% Sí, en parte	
2. Facilidad de uso	¿Cuánto tiempo tomó interpretar la información?	55.6% < 1 min; 22.2% 1–3 min; 11.1% 3–5 min; 11.1% > 5 min		
2. Facilidad de uso	¿Los filtros fueron útiles para explorar los datos?	66.7%	Muy útiles, 33.3% Útiles	
3. Adecuación de indicadores	¿Los indicadores reflejan el estado de las piscinas?	77.8%	Sí, completamente; 22.2% Parcialmente	
3. Adecuación de indicadores	¿Las relaciones entre parámetros (ambientales y productivos) son útiles para el análisis y la toma de decisiones?	77.8%	Muy útiles; 22.2% Útiles	
3. Adecuación de indicadores	¿Las métricas ambientales incluidas son de relevancia para la toma de decisiones?	66.7%	Muy relevantes; 33.3% Relevantes	
4. Sugerencias de mejora	¿Qué elementos del dashboard crees que deberían mejorarse (diseño, métricas, navegación, otros)?		Considerar ajustar el diseño para facilitar la visualización en pantallas de menor tamaño y añadir comparativas históricas por ciclo completo.	
4. Sugerencias de mejora	¿Tienes alguna recomendación o sugerencia específica que pueda ayudar a mejorar la utilidad del dashboard?		Agregar filtros por rango de valores para un análisis más detallado (ej: temperatura mínima y máxima). Incorporar leyendas explicativas en cada gráfico para orientar a usuarios nuevos. Incluir un glosario de términos técnicos para usuarios no expertos. Posibilidad de exportar los datos filtrados a Excel o PDF.	

3.2 Análisis de datos recolectados

Durante el proceso ETL, se extrajeron datos desde dos fuentes principales: SQL Server (información productiva) y MongoDB (datos ambientales registrados por sensores). Los datos fueron transformados usando Pentaho Data Integration, aplicando reglas de limpieza, estandarización de unidades, validación de rangos y enriquecimiento de registros. Finalmente, la data transformada se cargó en una base de datos intermedia, sobre la cual se estructuraron las tablas de hechos y dimensiones del modelo estrella.

El resultado final fue la creación de una base consolidada, optimizada para análisis en Power BI, con las siguientes características:

- Tablas de hechos separadas por métricas ambientales productivas.
- Dimensiones compartidas (tiempo, piscina, finca) que permiten realizar un análisis cruzado.
- Reducción del 95% de redundancia de registro y errores en los datos.

Este enfoque permitió reducir la carga computacional de Power BI, mejorar la trazabilidad de los datos y mantener un flujo de información ordenado y auditable.

3.3 Comparación de resultados

Antes del desarrollo del sistema, las actividades de monitoreo y análisis se realizaban de manera manual a través de hojas de cálculo Excel, reportes aislados y archivos no centralizados. Los datos de sensores eran exportados sin validación automatizada, y las métricas productivas eran calculadas por separado por cada técnico, dificultando la comparación y el control.

Esta metodología implicaba:

- Retrasos en la consolidación de información.
- Dificultades para detectar variaciones críticas a tiempo.
- Falta de trazabilidad de las decisiones tomadas.

Con la implementación del dashboard BI:

- Se automatizó el cálculo de KPIs como FCA, biomasa y crecimiento.
- Se integraron sensores y datos productivos en una única vista consolidada.
- Se habilitó análisis por finca, piscina, ciclo y fecha con filtros dinámicos.

Esto representa una mejora de alrededor del 97% en agilidad operativa, confiabilidad de datos y calidad del soporte visual. En la Tabla XI podemos visualizar las mejoras implementadas por cada aspecto del negocio.

Tabla XI. Comparación resultados en aspectos del negocio: antes vs después.

Aspecto	Antes del dashboard BI	Después del dashboard BI
Gestión de datos	Registros dispersos en archivos Excel, sin integración.	Información consolidada y centralizada desde SQL Server y MongoDB.
Monitoreo ambiental	Datos exportados manualmente desde sensores; sin validación ni procesamiento mediante ETL; visualizados por piscina, finca y automático.	Datos ambientados validados y estructurados mediante ETL; visualizados por piscina, finca y ciclo.
Cálculo de métricas	Cada técnico calculaba los indicadores por separado; existían errores y duplicidad de crecimiento) con reglas estandarizadas.	Cálculos de KPIs automatizados (FCA, biomasa, crecimiento) con reglas estandarizadas.
Análisis y visualización	y Reportes estáticos sin gráficos comparativos; limitada capacidad de análisis.	Visualizaciones dinámicas, gráficas interactivas, filtros por variables clave.
Trazabilidad y consistencia	y Difícil rastreo de decisiones; registros no auditables ni estandarizados.	Modelo estrella con trazabilidad de fuentes, control de calidad y consistencia en los datos.

Tiempo de análisis	Consolidación e interpretación de datos tomaba horas o días.	Interpretación en minutos; más del 75 % de usuarios comprende el dashboard en menos de 3 minutos.
Facilidad de uso	Interfaces manuales y técnicas; dependientes del conocimiento del operador.	Navegación con filtros dinámicos; 100 % de usuarios encuestados encontraron los filtros útiles y fáciles de aplicar.
Pertinencia de indicadores	Métricas calculadas sin consenso ni validación entre áreas.	Indicadores validados con expertos del área productiva; más del 75 % los consideró completamente adecuados.
Satisfacción de usuarios	Proceso percibido como lento, manual, poco confiable.	100 % de usuarios satisfechos o muy satisfechos con la visualización; sugerencias centradas en mejoras puntuales.
Capacidad de mejora continua	Sin retroalimentación estructurada ni visibilidad de oportunidades.	Encuesta estructurada identificó mejoras en navegación, explicación de métricas y visualización por períodos.

3.4 Discusión de resultados

Los indicadores seleccionados y visualizados en los dashboards tienen un valor estratégico para el negocio por las siguientes razones:

- **Oxígeno disuelto, temperatura y saturación:** permiten monitorear el entorno crítico para la salud del camarón, anticipar estrés ambiental y tomar medidas preventivas.
- **FCA (Factor de Conversión Alimenticia):** refleja la eficiencia en el uso del alimento, afectando directamente en el costo de producción.
- **Biomasa estimada y crecimiento promedio diario:** permiten proyectar el rendimiento esperado por ciclo y estimar fechas de cosecha.
- **Supervivencia:** es un indicador directo de la sanidad del cultivo y del impacto de decisiones operativas.

El uso conjunto de estos indicadores contribuye a una gestión y control de piscinas de camarón basada en datos. Esto mejora la planificación, la prevención de riesgos y la evaluación de resultados. Además, permite la comparación entre ciclos, brindando de esta forma la capacidad de identificar oportunidades de mejora y reforzar buenas prácticas.

Luego del análisis de los resultados, encontramos buen nivel de aceptación, identificamos las siguientes limitaciones:

- Dependencia de la conexión a la red o servicio de internet para la actualización de datos, lo cual afecta a zonas rurales o donde el servicio se vea limitado.
- Las estructuras iniciales de algunos datos utilizados en el dashboard requieren un proceso de limpieza antes de su integración.
- No todos los usuarios tienen familiaridad con herramientas BI, lo cual puede limitar el correcto aprovechamiento del dashboard en fases iniciales.

Consideramos que las mejoras requeridas a futuro son las siguientes:

- Incorporar la transmisión de datos en tiempo real, de tal manera que se incremente la capacidad de respuesta ante variaciones críticas.
- Sumar a los indicadores ambientales visualizados en el dashboard, parámetros como salinidad y pH para un monitoreo más completo.
- Actualizar el dashboard con filtros más avanzados y personalizados para el usuario.
- Integrar uso guiado para que los usuarios nuevos puedan aprender a interactuar con el dashboard.

Siguientes pasos:

1. Desarrollar una nueva versión del dashboard con conexión de datos en tiempo real (streaming).

2. Realizar una nueva validación luego de la capacitación brindada al personal, con la intención de medir las mejoras en el uso y si comprenden bien las métricas visualizadas en el dashboard.
3. Validar con el departamento financiero, la inclusión de indicadores económicos vinculados al proceso de producción.

3.5 Conclusiones

- La implementación de dashboards BI permitió transformar datos dispersos en información accionable, disponible en una interfaz interactiva y dinámica.
- La validación por parte de usuarios clave confirmó la utilidad, claridad y pertinencia del diseño.
- La automatización del flujo de datos y la estructuración en modelos estrella mejoraron la trazabilidad, el rendimiento y la escalabilidad del sistema.
- Los indicadores visualizados permiten optimizar decisiones basadas en datos, anticipar riesgos y aumentar la competitividad del proceso productivo camarero.
- Las principales limitaciones encontradas fueron técnicas (conectividad, estructura inicial de datos) y de capacitación en el uso de herramientas BI, aunque estas pueden resolverse en fases futuras del proyecto.

CAPÍTULO 4

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En este capítulo se incluyen los hallazgos clave derivados del desarrollado del dashboard BI aplicado en una empresa camarero. Se identifican logros alcanzados en relación de los objetivos propuestos, así como las oportunidades de mejora para investigaciones o desarrollos futuros.

4.1 Conclusiones

Tras aplicar las fases establecidas en la propuesta metodológica, se obtuvieron las siguientes conclusiones:

- Se logró recolectar datos relevantes desde las bases de datos disponibles (SQL Server y MongoDB), y se complementó esta información con entrevistas a expertos del área productiva. Este enfoque permitió comprender las necesidades reales de los usuarios y definir indicadores clave orientados a respaldar decisiones estratégicas en el proceso de cultivo de camarón.
- El modelado de datos se desarrolló basado en la arquitectura estrella, estructurado sobre una base de datos intermedia alimentada mediante un proceso ETL desarrollado en Pentaho Data Integration. Esta solución permitió integrar información de fuentes heterogéneas y garantizar la calidad, trazabilidad y eficiencia en la recolección periódica de datos.
- Se validó satisfactoriamente el dashboard desarrollado en Power BI con los usuarios finales. La evaluación realizada mediante formulario indicó una alta aceptación respecto a la claridad de visualización del dashboard, la utilidad de los indicadores y la facilidad del uso de la herramienta. Esto confirma que el dashboard cumple con su propósito de facilitar el análisis de información productiva y ambiental para apoyar decisiones operativas.

4.2 Recomendaciones

Al finalizar la ejecución de lo planteado en la propuesta, se plantean las siguientes recomendaciones orientadas a futuras investigaciones o a la optimización del sistema:

- Actualizar los dashboards de tal forma que permitan visualizar datos en tiempo real, mediante el uso de servicios de automatización y almacenamiento intermedio optimizado, con la finalidad de incrementar la capacidad de respuesta ante eventos críticos.
- Ampliar el alcance del dashboard para incluir indicadores económicos o financieros relacionados a costos y rentabilidad por piscina.
- Incorporar un sistema de alertas automáticas por correo o notificación móvil ante desviaciones de parámetros ambientales fuera de rangos permitidos, mejorando la capacidad preventiva del sistema.
- Superar la dependencia de hojas de Excel y procesos manuales mediante capacitación interna en herramientas de BI y adopción de procesos estandarizados para el manejo de datos.

Estas recomendaciones permiten ampliar el alcance y utilidad del sistema desarrollado, contribuyendo a una gestión acuícola más eficiente, sostenible y basada en datos.

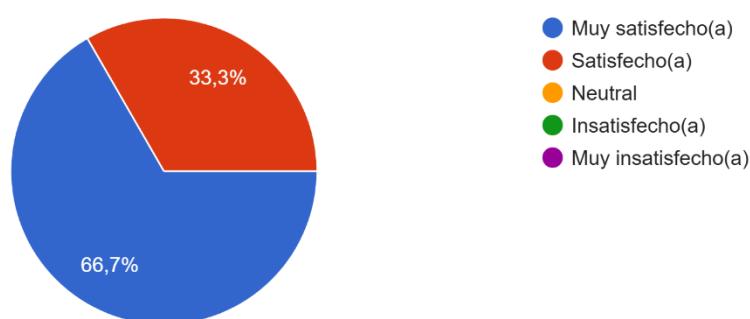
Referencias

- [1] F. Maulana, H. Fakhrurroja, y M. Lubis, “Smart Dashboard Design and Water Sensor Integration Architecture by Applying Internet of Things (IoT) Technology Using Data Analysis and Prediction Methods”, en *2022 International Conference Advancement in Data Science, E-learning and Information Systems (ICADEIS)*, nov. 2022, pp. 1–7. doi: 10.1109/ICADEIS56544.2022.10037490.
- [2] M. S. N. Haji Daud, R. K. Patchmuthu, y A. T. Wan, “Automated IoT based Smart Aquaculture Shrimp Farming in Brunei”, en *Proceedings of the 2022 11th International Conference on Software and Computer Applications*, en ICSCA '22. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, jun. 2022, pp. 116–122. doi: 10.1145/3524304.3524322.
- [3] S. Madakam, R. Ramaswamy, y S. Tripathi, “Internet of Things (IoT): A Literature Review”, *J. Comput. Commun.*, vol. 3, núm. 5, Art. núm. 5, may 2015, doi: 10.4236/jcc.2015.35021.
- [4] S. Kajornkasirat, J. Ruangsri, C. Sumat, y P. Intaramontri, “Online Analytics for Shrimp Farm Management to Control Water Quality Parameters and Growth Performance”, *Sustainability*, vol. 13, núm. 11, p. 5839, ene. 2021, doi: 10.3390/su13115839.
- [5] W. Suhaili *et al.*, “IoT Aquaculture System for Sea Bass and Giant Freshwater Prawn Farming in Brunei”, en *2023 13th International Conference on Information Technology in Asia (CITA)*, ago. 2023, pp. 60–65. doi: 10.1109/CITA58204.2023.10262784.
- [6] N. A. Ubina *et al.*, “Digital twin-based intelligent fish farming with Artificial Intelligence Internet of Things (AIoT)”, *Smart Agric. Technol.*, vol. 5, p. 100285, oct. 2023, doi: 10.1016/j.atech.2023.100285.
- [7] M. Flores-Iwasaki, G. Guadalupe, M. Pachas-Caycho, S. Chapa-Gonza, R. Mori-Zabarburú, y J. Guerrero-Abad, “Internet of Things (IoT) Sensors for Water Quality Monitoring in Aquaculture Systems: A Systematic Review and Bibliometric Analysis”, *AgriEngineering*, vol. 7, p. 78, mar. 2025, doi: 10.3390/agriengineering7030078.
- [8] M. El Aissi, S. Benjelloun, Y. Lakhrissi, y S. Elhaj-Ben-Ali, “Big Data Enabling Fish Farming Data-Driven Strategy”, *Ingénierie Systèmes Inf.*, vol. 27, pp. 949–956, ene. 2023, doi: 10.18280/isi.270611.
- [9] K. Semar-Bitah, M. Mouzai, A. M. Kherchi, T. Milla, D. Bougrid, y H. Bourahla, “Toward the First Decision Support System for Marine Aquaculture Monitoring in Algeria”, en *2022 4th International Conference on Pattern Analysis and Intelligent Systems (PAIS)*, oct. 2022, pp. 1–7. doi: 10.1109/PAIS56586.2022.9946920.
- [10] S. Benjelloun, M. El Aissi, Y. Lakhrissi, y S. Ali, “Data Lake Architecture for Smart Fish Farming Data-Driven Strategy”, *Appl. Syst. Innov.*, vol. 6, p. 8, ene. 2023, doi: 10.3390/asi6010008.
- [11] G. Zarate *et al.*, “Evolution of Extract-Transform-Load (ETL) processes towards data product pipelines”, en *Proceedings of the 4th Eclipse Security, AI, Architecture and Modelling Conference on Data Space*, en eSAAM '24. Association for Computing Machinery, oct. 2024, pp. 25–32. doi: 10.1145/3685651.3686662.
- [12] D. Seenivasan, “ETL for IoT Data: Integrating Sensor Data into Data Warehouses/International Journal of novel research and development(IJNRD)”, vol. 7, pp. 482–493, oct. 2022.
- [13] H. Tang, L. Deng, y Y. Huang, “Business Intelligence System Based on Big Data Technology”, en *2022 International Conference on Artificial Intelligence of Things and Crowdsensing (AIoTCs)*, oct. 2022, pp. 143–147. doi: 10.1109/AIoTCs58181.2022.00027.
- [14] M. Shahnawaz y M. Kumar, “A Comprehensive Survey on Big Data Analytics: Characteristics, Tools and Techniques”, *ACM Comput Surv.*, vol. 57, núm. 8, mar. 2025, doi: 10.1145/3718364.
- [15] S. Mathoho y K. Pillay, “The Potential of Big Data Analytics to replace Managerial Decision-Making: Findings of a Systematic Review”, en *2021 IST-Africa Conference (IST-Africa)*, may 2021, pp. 1–12. Consultado: el 26 de abril de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9577007>
- [16] J. Costa y M. Rihtar, “Data Analytics in Aquaculture”, *SIKDD 2016*, ene. 2016.
- [17] D. Widyaningrum, “Key performance indicators (KPIs) on Vannamei shrimp supply chain performance (a preliminary research)”, *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 403, p. 012046, oct. 2018, doi: 10.1088/1757-899X/403/1/012046.

Apéndice A

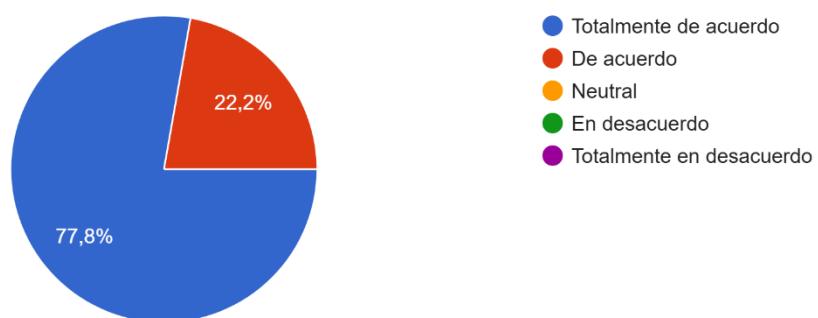
¿Qué tan satisfecho(a) estás con la claridad visual de las métricas presentadas en el dashboard?

9 respuestas



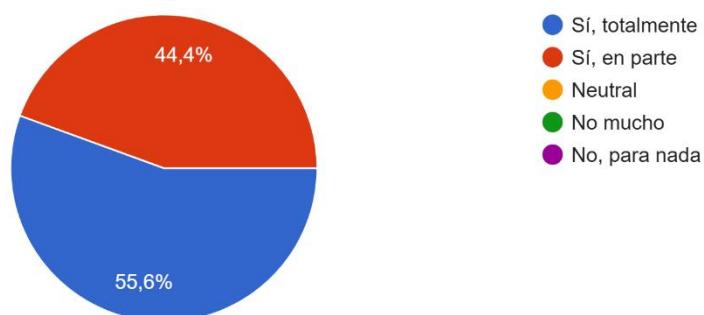
¿Consideras que el diseño gráfico y los colores utilizados facilitan la comprensión de los datos?

9 respuestas



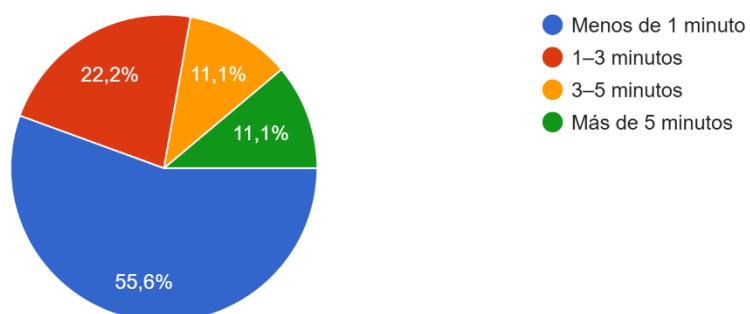
¿Te resultó fácil navegar por los diferentes elementos y gráficos del dashboard?

9 respuestas



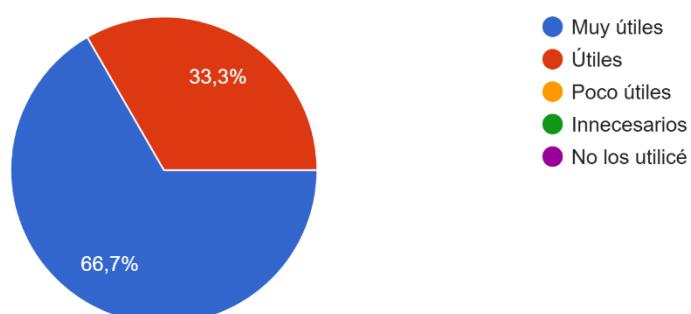
¿Cuánto tiempo estimaste para interpretar correctamente la información de interés?

9 respuestas



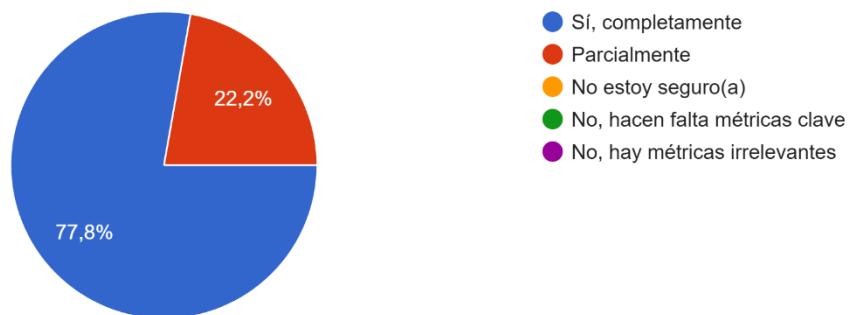
¿Consideras que los filtros disponibles (por finca, fecha, piscina, etc.) fueron útiles para explorar los datos?

9 respuestas



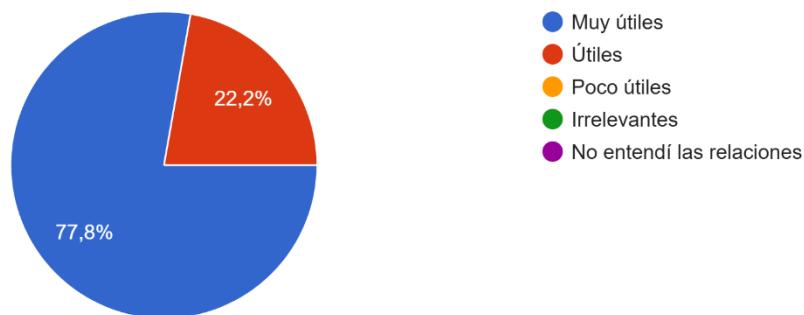
¿Los indicadores seleccionados reflejan adecuadamente el estado de producción y ambiente de las piscinas?

9 respuestas



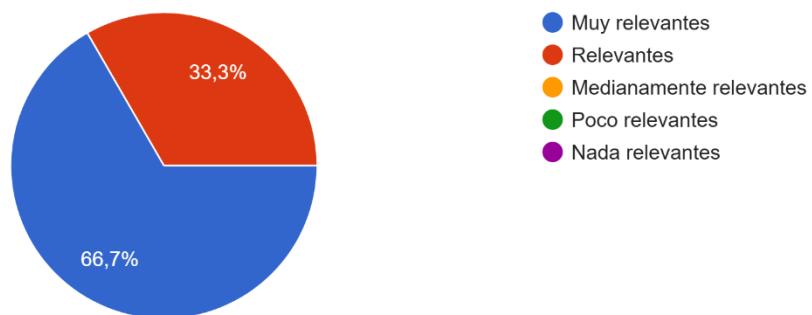
¿Consideras que las gráficas muestran relaciones útiles entre los parámetros (por ejemplo, oxígeno y temperatura, FCA y biomasa)?

9 respuestas



¿Qué tan relevantes consideras las métricas ambientales (oxígeno, temperatura, saturación) para la toma de decisiones?

9 respuestas



Bloque 4: Sugerencias de mejora

¿Qué elementos del dashboard crees que deberían mejorarse (diseño, métricas, navegación, otros)?

9 respuestas

No

Periodos de tiempo

Navegación

Navegación

Métricas

navegación

Se puede mejorar la distribución del dashboard con sus filtros para que sea un poco más amigable con el usuario

Otros

La navegación debería mejorarse

¿Tienes alguna recomendación o sugerencia específica que pueda ayudar a mejorar la utilidad del dashboard?

9 respuestas

No

Ninguna

Para no abrumar la vista agregar un filtro por un rango adecuado para el caso

Permitir jugar con valores adicionales en una gráfica.

El entendimiento de métricas debe estar relacionado al mismo nivel de la audiencia

por ahora no

Para usuarios inexpertos que no conoce del tema, debería haber al final del dashboard una pequeña descripción de cada gráfico o explicación de cada término empleado como abreviaturas empleadas.