



**FACULTAD DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL INDUSTRIAL
SEDE BELLAVISTA**

**Diseño de propuesta de estandarización para mejorar el proceso de
fabricación y control de calidad en sondas de humedad en la empresa**

Dynagro

Tesis para optar al Título de Ingeniero civil Industrial.

Profesor tutor: Lic. Eduardo Abdala Araya
Autor (es): Sebastián Araya Umaña.
Patricio Mella Quevedo.

© **Sebastián Araya y Patricio Mella.**

Queda prohibida la reproducción parcial o total de esta obra en cualquier forma, medio o procedimiento sin permiso por escrito del o los autores.

Santiago, Chile

2025

HOJA DE CALIFICACIÓN

AGRADECIMIENTOS

Patricio Ariel Mella Quevedo:

En primer lugar, quiero expresar mi más sincero agradecimiento a Dynagro y a todos sus colaboradores por brindarnos su confianza y apoyo durante el desarrollo de este trabajo. Su disposición y compromiso han sido fundamentales para llevar a cabo esta solución a la problemática de Dynagro con éxito.

A mi colega y amigo Sebastián Araya, gracias por su apoyo constante, dedicación y esfuerzo en cada etapa de este proyecto. Su compromiso y compañerismo han sido esenciales para lograr nuestros objetivos.

Un agradecimiento muy especial a mi novia, Fernanda Rossana Cartes Orellana, por su apoyo incondicional cada día. Su comprensión, ánimo y cariño han sido una fuente constante de inspiración y fortaleza para superar cada desafío.

A todos los que, de una u otra manera, han contribuido a este trabajo, les expreso mi gratitud y reconocimiento.

Sebastián Araya Umaña:

Quiero expresar mi más profundo agradecimiento a todas las personas que han sido parte fundamental de este camino. A mi familia, por su amor incondicional y por ser mi pilar en cada desafío. A mi madre, Guillermina Umaña, por su infinito apoyo y enseñanzas, y a mis hermanos, quienes son mi inspiración y ejemplo para seguir. A mi hermana Maite Araya, a todos mis sobrinos, sobrinas y cuñadas, quienes me recuerdan siempre la importancia de la familia y el amor incondicional. Un agradecimiento especial a mi sobrino y gran amigo, Eduardo Araya, a Javiera Sazo por su gran apoyo.

A mis compañeros de trabajo en Dynagro, por su respaldo y camaradería, y en especial a Leonel Lagos, José Piña y a mi compañero de tesis y amigo, Patricio Mella, con quienes compartí este desafío y esfuerzo.

A mis amigos, por ser un soporte invaluable en los momentos más difíciles, y en especial a mi gran amiga, Ana Córdova, sin cuyo apoyo nada de esto habría sido posible.

Tabla de contenido	
Índice de ilustraciones.....	7
Índice de tablas	8
ABSTRACT	10
CAPÍTULO1: INTRODUCCIÓN	11
CAPÍTULO 2: ANTECEDENTES DEL PROYECTO	14
2.1 Definición del problema	14
2.1 Alcances y delimitaciones	15
2.2 Objetivo General	15
2.3 Objetivos específicos	16
2.4 Marco teórico.	16
2.4.1 Herramientas de análisis.	16
2.4.2 Herramientas de propuestas de mejora.....	17
2.4.3 Herramientas de análisis económico.....	18
CAPÍTULO 3: ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL	20
3.1 Descripción de la empresa.....	20
3.1.1 Misión	21
3.1.2 Visión.....	21
3.1.3 Valores	22
3.1.4 Organigrama	22
3.1.5 Descripción de los cargos	22
3.2 Evaluación de la situación actual	25
3.2.1 Proceso actual de fabricación de sondas	27
3.2.2 Costos asociados al cambio y reparación de sensores.....	31
3.2.3 Gastos por concepto de fallas.	33
3.3 Analisis del proceso	35
3.3.1 Brainstorming Fallas y posibles causas	35
3.3.2 Diagrama causa-efecto (Ishikawa)	36
3.3.3 Matriz Causa - Efecto	40
3.3.4 Impacto en las salidas	45
CAPÍTULO 4: PROPUESTA DE MEJORA	48

4.1 Ciclo PDCA - Mejora Continua.....	49
4.2 Aplicación del Ciclo PDCA en Dynagro.....	52
4.2.1 Plan (Planificar)	52
4.2.1.1 Definición de los objetivos:	54
4.2.2 Do (Ejecutar).....	57
4.2.2.1 Definición de un Manual de Procedimientos	61
4.2.2.2 Implementación de Controles de Calidad	67
4.2.2.3 Monitoreo de Fallas y Optimización del Producto.....	72
4.2.2.4 Capacitación del Personal.....	73
4.2.2.5 Optimización de Recursos Humanos y Materiales	78
4.2.2.6 Redistribución de Tareas en Producción.....	78
4.2.3 Check (Verificar)	88
4.2.4 Act (Actuar).....	91
CAPÍTULO 5: ANÁLISIS COSTO/BENEFICIO	93
5.1 Costos Actuales Asociados a la Fabricación y Mantenimiento	93
5.2 Costos de Implementación de Mejoras	94
5.2.1 Costos de Horas Hombre	94
5.2.2 Costos de materiales y equipos.....	95
5.3.3 Presupuesto total costos.....	96
5.4 Cronograma de Implementación (Carta Gantt)	96
5.5 Beneficios	97
5.5.1 Beneficios Económicos.....	97
5.5.1.1 Comparación de Escenarios de Flujo de Caja	97
5.5.2 Beneficios Cualitativos.....	98
CAPÍTULO 6: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	99
6.1 Conclusión	99
6.2 Recomendaciones	99
BIBLIOGRAFÍA	102

Índice de ilustraciones

Ilustración 1: Organigrama	22
Ilustración 2: Proceso de producción de sondas Dynagro SPA.....	29
Ilustración 3: Diagrama SIPOC	30
Ilustración 4: Diagrama de Ishikawa	37
Ilustración 5: Matriz Causa-Efecto.....	40
Ilustración 6: Diagrama de Pareto impacto de las causas	44
Ilustración 7: Diagrama de Pareto Variables de salida relevantes para el cliente	46
Ilustración 8: Ciclo de Deming.....	49
Ilustración 9: Diagrama proceso fabricación sonda	60
Ilustración 10: Criterios de calidad en el proceso de fabricación de sondas de Humedad.....	68
Ilustración 11: Dashboard métricas de sondas de humedad.	72
Ilustración 12: Listado de los campos y detalles de sensores	73
Ilustración 13: Programa de capacitación tabla de requisitos.	74
Ilustración 14: Evaluación en seguridad.....	75
Ilustración 15: Listado de revisión de materiales y fabricación	75
Ilustración 16: Listado de reconocimiento de materiales.	76
Ilustración 17: Prueba de conocimiento	77
Ilustración 18: Jerarquía empresa Dynagro.....	84
Ilustración 19: Dashboard componentes	86
Ilustración 20: Dashboard sensores	87
Ilustración 21: Vista sensores	88

Índice de tablas

Tabla 1: Desglose costos mano de obra y traslado	31
Tabla 2: Valores de divisas y márgenes para cálculos de costos	32
Tabla 3: Desglose de costos H.H.....	32
Tabla 4: Tabla resumen de precios y costos de equipos	33
Tabla 5: Tabla de análisis de fallas y costos.	34
Tabla 6: Causas y su impacto	43
Tabla 7: Variables de salida y su impacto	45
Tabla 8: Causas identificadas y mejoras.....	52
Tabla 9: Causas y salidas.	53
Tabla 10: Objetivos para la propuesta de mejora.....	56
Tabla 11: Indicadores propuestos	89
Tabla 12: Costos H.H. implementación de cambios.....	95
Tabla 13: Costos materiales.....	95
Tabla 14: Presupuesto implementación de mejoras.....	96
Tabla 15: Carta GANTT implementación de mejoras.....	97

RESUMEN

La presente tesis tiene como objetivo mejorar la calidad y confiabilidad de las sondas de humedad fabricadas por Dynagro, una empresa enfocada en soluciones tecnológicas para la agricultura de precisión. Actualmente, la empresa enfrenta desafíos debido a la falta de estandarización en la fabricación, la calidad variable de los productos y la ausencia de protocolos de control de calidad y mantenimiento, lo que genera fallas recurrentes en sus dispositivos y costos elevados por mantenimiento y reemplazo de sensores.

Para abordar estos problemas, se realizó un análisis de la situación actual mediante herramientas como el diagrama de Ishikawa, análisis de Pareto y SIPOC, identificando las principales causas de las fallas. A partir de este diagnóstico, se propuso una serie de mejoras basadas en metodologías de gestión de calidad como Six Sigma DMAIC y el ciclo PDCA, enfocadas en la capacitación del personal, optimización del proceso de ensamblaje, implementación de protocolos de calidad y adquisición de instrumentación avanzada.

El análisis costo/beneficio demuestra que la implementación de estas mejoras tiene el potencial de reducir costos operativos, con una proyección de ahorro basada en la disminución de fallas en las sondas y la optimización del proceso de fabricación. Si bien, las cifras exactas deberán ser validadas tras la implementación, la estimación inicial sugiere que Dynagro podría lograr una reducción significativa en los gastos asociados a fallas y mantenimiento, lo que contribuiría a mejorar su competitividad en el mercado.

Finalmente, se establecen recomendaciones para la implementación progresiva de las mejoras, la evaluación continua del proceso y el fortalecimiento de la capacitación del personal, con el fin de asegurar la sostenibilidad y crecimiento de la empresa en el tiempo.

ABSTRACT

The objective of this thesis is to improve the quality and reliability of the soil moisture probes manufactured by Dynagro, a company focused on technological solutions for precision agriculture. Currently, the company faces challenges due to the lack of standardization in manufacturing, the variable quality of its products, and the absence of quality control and maintenance protocols, leading to recurring device failures and high costs for maintenance and sensor replacement.

To address these issues, an analysis of the current situation was conducted using tools such as the Ishikawa diagram, Pareto analysis, and SIPOC, identifying the main causes of failures. Based on this diagnosis, a series of improvements were proposed using quality management methodologies such as Six Sigma DMAIC and the PDCA cycle, focusing on staff training, optimization of the assembly process, implementation of quality protocols, and acquisition of advanced instrumentation.

The cost-benefit analysis demonstrates that implementing these improvements has the potential to reduce operational costs, with projected savings based on the reduction of failures in the probes and the optimization of the manufacturing process. While exact figures will need to be validated after implementation, the initial estimate suggests that Dynagro could achieve a significant reduction in expenses related to failures and maintenance, contributing to increased competitiveness in the market.

Finally, recommendations are established for the gradual implementation of the improvements, continuous process evaluation, and strengthening staff training to ensure the company's long-term sustainability and growth.

CAPÍTULO1: INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas, la agricultura ha experimentado una profunda transformación gracias a la incorporación de tecnologías avanzadas que buscan optimizar los recursos, aumentar la eficiencia y garantizar la sostenibilidad en un contexto de creciente demanda global de alimentos. Este avance ha dado origen al concepto de Agricultura 4.0, una revolución en el sector que combina tecnologías como sensores inteligentes, sistemas de información geográfica (GIS), big data, inteligencia artificial y dispositivos conectados a través del Internet de las cosas (IoT). Este enfoque permite a los productores tomar decisiones basadas en datos específicos, adaptándose a las necesidades particulares de los cultivos y las condiciones del entorno. Entre las herramientas tecnológicas más relevantes se encuentran las sondas de humedad de suelo, dispositivos diseñados para medir con precisión el contenido de agua en distintas profundidades del suelo, información clave para optimizar el riego y gestionar de manera eficiente los recursos hídricos.

En este contexto, Dynagro, es un startup dedicado al desarrollo de tecnologías para el agro, que busca posicionarse como un referente en tecnología aplicada a la agricultura de precisión. Con un enfoque innovador que combina diseño y funcionalidad, Dynagro se enfrenta a las demandas de un mercado en constante evolución. Sin embargo, su compromiso con la sostenibilidad y la eficiencia enfrenta retos particulares debido a las carencias en estandarización y gestión interna. La decisión de abordar este tema en la presente tesis responde a las necesidades de fortalecer estas áreas críticas, mejorando no solo la calidad de los productos, sino también la eficiencia en el uso de recursos humanos y materiales.

Dynagro diseña, fabrica y comercializa sondas de humedad de suelo. No obstante, la implementación y operación de estas sondas no está exenta de desafíos. En el ámbito técnico, el proceso constructivo carece de estandarización, lo que genera dispositivos con diferencias que afectan su desempeño y confiabilidad. Además, los procesos manuales involucrados en la fabricación frecuentemente resultan en fallas como un

sellado inadecuado o una calibración incorrecta, disminuyendo la calidad del producto final.

Por otro lado, desde una perspectiva de gestión, las fallas de los dispositivos implican una asignación ineficiente de los recursos humanos y materiales. Actualmente, no existe un equipo dedicado exclusivamente a las reparaciones ni un protocolo específico para abordarlas, lo que obliga a desviar personal de áreas críticas como instalación, desarrollo o construcción para atender estas incidencias. Esta situación no solo genera costos adicionales, sino también afecta la productividad general de la organización.

Este escenario pone de manifiesto la necesidad de abordar la gestión de fallas en las sondas de humedad desde dos ángulos complementarios: la mejora técnica en la fabricación y calibración de los dispositivos, y la optimización en la gestión de recursos para la reparación y mantenimiento de estos. En este sentido, la presente tesis tiene como objetivo general proponer una solución integral que permita a Dynagro mejorar la calidad de sus productos y la eficiencia de sus operaciones.

Para lograr este objetivo, se plantean los siguientes objetivos específicos: (1) diagnosticar las principales causas de fallas técnicas en las sondas de humedad, (2) desarrollar un proceso estandarizado de fabricación que garantice consistencia y calidad, (3) diseñar un protocolo para la detección y reparación de fallas, y (4) proponer estrategias de gestión de recursos humanos que minimicen la interrupción de otras áreas clave. A través de este enfoque, se busca no solo solucionar los problemas actuales, sino también establecer las bases para un crecimiento sostenible y escalable de la organización.

La importancia de esta investigación radica en su contribución al fortalecimiento de las capacidades internas de Dynagro y a la mejora de su posición competitiva en el mercado. Además, los resultados obtenidos podrían servir como referencia para otras empresas tecnológicas del sector agrícola que enfrentan desafíos similares, promoviendo el desarrollo de soluciones tecnológicas de alta calidad que respondan a las necesidades

de la agricultura moderna. De este modo, la presente tesis no solo busca aportar valor a Dynagro, sino también contribuir al avance de la industria en su conjunto.

CAPÍTULO 2: ANTECEDENTES DEL PROYECTO

2.1 Definición del problema

Dynagro enfrenta una problemática crítica en la gestión de fallas de sus sondas de humedad, las cuales son dispositivos clave en el monitoreo y la optimización del riego agrícola. Esta problemática se divide en dos aspectos principales:

1. **Fallas técnicas:** La falta de estandarización en el proceso constructivo ocasiona que las sondas sean inconsistentes en su diseño y calidad. Además, los procesos manuales generan errores como sellado deficiente y calibración inadecuada, lo que compromete el desempeño y la confiabilidad de los dispositivos. Estas fallas pueden ocasionar lagunas en los datos recolectados, afectando la calidad de los servicios asociados y reduciendo la percepción de confiabilidad por parte de los clientes.
2. **Ineficiencia en la gestión de recursos:** La organización carece de un equipo dedicado exclusivamente a las reparaciones, lo que obliga a desviar personal de áreas críticas como desarrollo, instalación y producción. Esto no solo aumenta los costos operativos, sino que también prolonga los tiempos de reparación, afectando la disponibilidad de los dispositivos y, en consecuencia, la satisfacción de los clientes.

Estas fallas técnicas y de gestión generan un impacto económico importante, tanto por los costos directos asociados a las reparaciones como por las pérdidas indirectas debidas a la percepción negativa de los clientes hacia los productos y la empresa. Además, los tiempos prolongados de reparación y las interrupciones en los servicios pueden limitar la capacidad de Dynagro para cumplir con sus compromisos y diferenciarse en un mercado altamente competitivo.

2.1 Alcances y delimitaciones

Alcances:

- Este proyecto se enfoca en las sondas de humedad fabricadas y comercializadas por Dynagro.
- La investigación abarca tanto la estandarización del proceso constructivo como la optimización de la gestión de fallas.
- Incluye el diseño de un protocolo de mantenimiento y reparación, así como la definición de estrategias para mejorar la asignación de recursos humanos.

Delimitaciones:

- El estudio no considerará otros productos de la empresa ni sus procesos comerciales.
- Las soluciones propuestas estarán diseñadas específicamente para el contexto actual de Dynagro y sus capacidades operativas.
- El análisis se limitará a las fallas ocurridas en los últimos dos años.
- El alcance geográfico del proyecto se restringe a las operaciones de Dynagro en Talca, Región del Maule.
- El estudio no considerará otros productos de la empresa ni sus procesos comerciales.

2.2 Objetivo General

Proponer una solución integral que permita mejorar la calidad de las sondas de humedad de Dynagro y optimizar la gestión de recursos asociados a su reparación y mantenimiento, contribuyendo al fortalecimiento de la competitividad y sostenibilidad de la empresa.

2.3 Objetivos específicos

1. Diagnosticar las principales causas de fallas técnicas en las sondas de humedad.
2. Diseñar un proceso estandarizado de fabricación para garantizar consistencia y calidad.
3. Crear un protocolo de detección, clasificación y reparación de fallas.
4. Optimizar la asignación de recursos humanos para minimizar la interrupción de áreas clave.
5. Implementar un sistema de registro y análisis de fallas para facilitar la mejora continua.

2.4 Marco teórico.

Dynagro enfrenta desafíos en la gestión de fallas de sus sondas de humedad, dispositivos fundamentales para la optimización del riego en la agricultura de precisión. aquí se exploran las herramientas y enfoques que permitirán abordar estas problemáticas desde diversas perspectivas, incorporando aspectos técnicos, de gestión y económicos para proponer soluciones sólidas adaptadas a las necesidades de la empresa.

2.4.1 Herramientas de análisis.

Modelamiento BPM: El modelamiento del proceso de fabricación e instalación de sondas se presenta a continuación con un enfoque en los roles involucrados, decisiones críticas y flujo de actividades. Esto permite identificar los puntos críticos de mejora y establecer un estándar que facilite la optimización de recursos y tiempos.

Diagrama causa-efecto: Conocida también como diagrama de Ishikawa o de espina de pescado, esta herramienta organiza de forma visual las posibles causas de un problema.

Es muy útil para identificar relaciones entre diferentes factores y priorizar qué abordar primero.

Análisis de Pareto: Este análisis se basa en el principio 80/20, que dice que el 80% de los problemas suelen ser causados por el 20% de las causas. Usamos esta herramienta para identificar cuáles son esas pocas causas importantes que generan la mayoría de los problemas y priorizamos solucionarlas primero.

Brainstorming: Esta es una herramienta sencilla pero poderosa. Básicamente, consiste en reunir al equipo para que todos propongan ideas sin restricciones sobre las posibles causas de los problemas y las soluciones potenciales. Lo importante aquí es que nadie juzgue las ideas en el momento; se trata de fomentar la creatividad y recopilar la mayor cantidad de información posible.

Benchmarking: La idea aquí es mirar lo que están haciendo las empresas que son referencia en el sector y aprender de ellas. Esto no significa copiar, sino adaptar sus buenas prácticas a nuestra realidad para mejorar procesos y resultados.

2.4.2 Herramientas de propuestas de mejora.

Six Sigma DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar, Controlar): Es una metodología que ayuda a identificar problemas en los procesos y solucionarlos de manera estructurada. Con DMAIC, nos enfocamos en analizar a fondo, implementar mejoras y asegurarnos de que estas se mantengan en el tiempo. Esto es clave para reducir errores y lograr mayor consistencia.

Lean Manufacturing: Aquí se trata de hacer más con menos. Esta herramienta ayuda a eliminar actividades o pasos innecesarios que no aportan valor, lo que se traduce en ahorro de tiempo y recursos. Es especialmente útil en procesos productivos como la fabricación de sondas.

Ciclo PDCA (Plan-Do-Check-Act): Esta es una manera práctica de implementar mejoras. Primero, se planea la acción, luego se ejecuta, se verifica si los resultados fueron los esperados, y finalmente se ajusta para repetir el ciclo y seguir mejorando continuamente.

CIPOC (Clientes, Entradas, Procesos, Salidas, Control): Esta herramienta nos ayuda a entender todos los elementos que intervienen en un proceso. Nos permite identificar claramente qué entra, qué se hace, qué sale y qué controles podemos implementar para asegurar la calidad.

2.4.3 Herramientas de análisis económico

Costeo basado en actividades (ABC): Es una herramienta que nos permite identificar con claridad cuánto cuesta cada actividad del proceso de reparación y mantenimiento. Con esto, podemos determinar qué pasos son más costosos y cuáles podrían ser optimizados para reducir gastos.

Análisis de retorno de inversión (ROI): Esta herramienta nos ayuda a medir qué tan rentable sería implementar las soluciones propuestas. Es decir, comparando cuánto se invierte en mejorar los procesos frente a los beneficios económicos que traerán estas mejoras en el tiempo.

Evaluación costo-beneficio: Aquí se trata de poner en la balanza los costos actuales que generan las fallas y los beneficios que se obtendrán al aplicar las soluciones. Esta comparación nos permite justificar económicamente cada acción propuesta, asegurando que sea viable y efectiva.

El marco teórico de este proyecto se basa en los siguientes conceptos clave:

Agricultura de precisión:

- Definición: Enfoque agrícola que utiliza tecnologías avanzadas para monitorear y gestionar los cultivos de manera precisa y eficiente.
- Relevancia: Las sondas de humedad son herramientas esenciales para optimizar el riego, uno de los pilares de la agricultura de precisión.

Gestión de fallas:

- Importancia de identificar y clasificar las fallas para abordar soluciones específicas.
- Protocolo de mantenimiento preventivo y correctivo como herramienta clave para reducir costos y mejorar la confiabilidad.

Estandarización de procesos:

- Ventajas de la estandarización en la fabricación: consistencia, mejora de la calidad y reducción de errores humanos.
- Aplicación de controles de calidad en etapas clave del proceso productivo.

Optimización de recursos humanos:

- Teorías de gestión eficiente de recursos humanos.
- Beneficios de un equipo dedicado y especializado en tareas críticas.

Los conceptos y herramientas descritos en este capítulo serán las ideas fundamentales para implementar soluciones efectivas. Estas buscan transformar la operación diaria de Dynagro, optimizando procesos internos, elevando la calidad de sus productos y consolidando su sostenibilidad y competitividad en un mercado exigente.

CAPÍTULO 3: ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL

3.1 Descripción de la empresa.

Dynagro es una startup chilena ubicada en Talca, Región del Maule, que desarrolla tecnologías orientadas al sector agrícola, con un enfoque en la agricultura de precisión. La empresa diseña soluciones tecnológicas propias y ofrece servicios integrales que incluyen instalación, mantenimiento, servicio técnico y la implementación de su plataforma digital. Esto asegura que los clientes cuenten con soporte completo en todas las etapas del uso de los productos y servicios.

La empresa cuenta con una variedad de productos y servicios diseñados para satisfacer las necesidades del sector agrícola. Entre los productos y servicios principales destacan:

- **Monitoreo Integral de Campos Agrícolas:** Un sistema integral diseñado para monitorear y optimizar las condiciones agrícolas en tiempo real, utilizando sensores de suelo, estaciones meteorológicas y drones avanzados. Ofrece alertas automáticas sobre riego, fertilización y riesgos climáticos.
- **Gestión Inteligente de Recursos Hídricos:** Un sistema que permite monitorear y optimizar el uso del agua en la agricultura, incluyendo sensores en pozos y canales, reportes automatizados para cumplir con normativas y sistemas de riego inteligente.
- **Control de Heladas en Tiempo Real:** Solución automatizada que protege los cultivos activando sistemas de protección cuando se detectan temperaturas críticas.
- **Monitoreo y Gestión de Maquinaria Agrícola:** Sistema que permite rastrear ubicación, rendimiento y estado de maquinaria agrícola en tiempo real, optimizando su uso y reduciendo costos operativos.

- Control Inteligente de Cosechas: Solución para planificar, monitorear y optimizar las actividades de cosecha, reduciendo pérdidas y mejorando la calidad del producto.
- Gestión Digital del Libro de Campo: Plataforma que digitaliza el registro de actividades agrícolas, facilitando la planificación y el cumplimiento de normativas.

Todos estos productos y servicios pueden ser controlados, monitoreados y reportados a través de la plataforma web app.dynagro.cl y de la aplicación móvil disponible para dispositivos Android e iOS. Esto facilita la accesibilidad y el manejo centralizado de las soluciones, brindando a los usuarios una experiencia completa e integrada.

3.1.1 Misión

“Desarrollar e implementar tecnologías personalizadas que permitan a los agricultores monitorear, controlar y optimizar sus campos de manera eficiente. A través de herramientas digitales avanzadas, entregamos información clave en tiempo real mediante paneles de control intuitivos y alertas automáticas, promoviendo procesos agrícolas más sostenibles, rentables y adaptados a las necesidades específicas de cada cliente.”

3.1.2 Visión

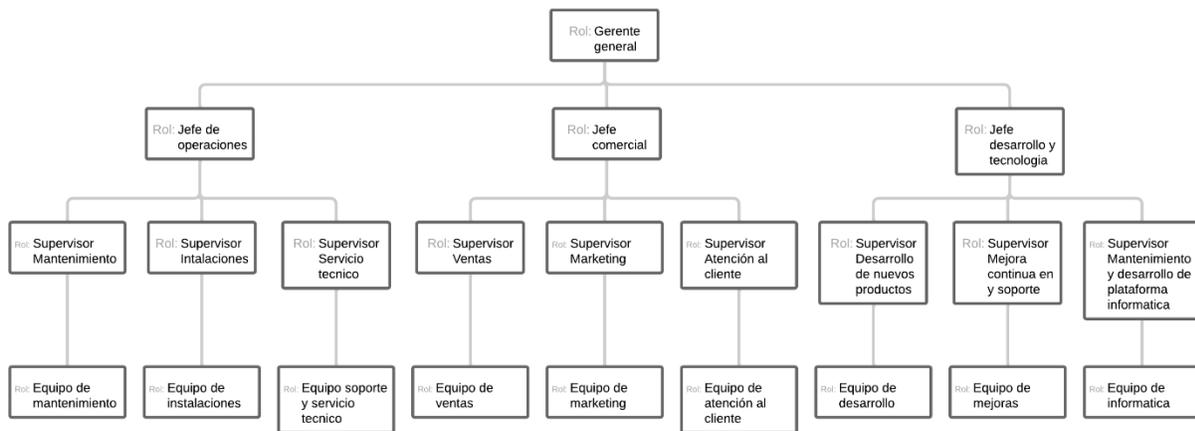
“Ser la empresa líder en proveer herramientas tecnológicas y digitales que impulsen una evolución en la agricultura chilena, digitalizando y haciendo más eficientes, sostenibles y rentables los procesos agrícolas, mientras promovemos la sostenibilidad, optimización de recursos y rentabilidad para nuestros clientes.”

3.1.3 Valores

- Innovación: Fomentar el desarrollo continuo de soluciones tecnológicas para los desafíos del agro.
- Compromiso: Priorizar las necesidades de los clientes y garantizar la calidad en todos nuestros productos y servicios.
- Sostenibilidad: Promover el uso responsable de los recursos naturales.
- Colaboración: Trabajar de la mano con agricultores, empresas y comunidades.

3.1.4 Organigrama

Ilustración 1: Organigrama



Fuente: Autoría propia con información de la empresa

3.1.5 Descripción de los cargos

El equipo es reducido, lo que genera flexibilidad, pero también sobrecarga en momentos críticos, especialmente en tareas de reparación y mantenimiento.

Sin embargo, el organigrama de Dynagro está compuesto por roles claramente definidos. A continuación, se detallan las funciones específicas de cada cargo y equipo:

- Gerente General: Responsable de la estrategia general de la empresa, liderando la toma de decisiones estratégicas, definiendo objetivos corporativos y supervisando el desempeño de las áreas principales.

Área de operaciones:

- Supervisor de Mantenimiento: Administra el equipo encargado del mantenimiento preventivo y correctivo de los dispositivos y sistemas en campo, asegurando su correcto funcionamiento.
 - Equipo de Mantenimiento: Realiza inspecciones periódicas, diagnostica fallas y aplica soluciones para garantizar la continuidad operativa.
- Supervisor de Instalaciones: Coordina la instalación de dispositivos y sistemas en terreno, asegurando que cumplan con las especificaciones técnicas.
 - Equipo de Instalaciones: Encargado de la implementación física de los dispositivos, verificando que se adapten al entorno y requerimientos del cliente.
- Supervisor de Servicio Técnico: Gestiona las solicitudes de soporte y organiza las reparaciones necesarias, actuando como enlace entre los clientes y el equipo técnico.
 - Equipo de Soporte Técnico: Resuelve problemas en terreno o de forma remota, brindando asistencia oportuna y efectiva.

Área Comercial:

- Supervisor de Ventas: Encargado de dirigir el equipo de ventas, estableciendo metas comerciales y asegurando el cumplimiento de objetivos.
 - Equipo de Ventas: Contacta a clientes potenciales y actuales, promoviendo los productos y servicios de la empresa.

- Supervisor de Marketing: Planifica y ejecuta estrategias de marketing para posicionar la marca y captar nuevos clientes.
 - Equipo de Marketing: Diseña campañas publicitarias, administra redes sociales y gestiona eventos promocionales.

- Supervisor de Atención al Cliente: Coordina las interacciones con los clientes, asegurando que reciban un servicio de alta calidad.
 - Equipo de Atención al Cliente: Responde a consultas, resuelve dudas y recoge retroalimentación para mejorar los servicios.

Área de Desarrollo y Tecnología:

- Supervisor de Desarrollo de Nuevos Productos: Lidera el diseño e innovación tecnológica de dispositivos y soluciones.
 - Equipo de Desarrollo: Diseña y prueba prototipos, trabajando en la mejora continua de los productos.

- Supervisor de Mejora Continua y Soporte: Supervisa proyectos de optimización de procesos y garantiza el soporte técnico interno.

- Equipo de Mejora Continua: Implementa herramientas y procesos para aumentar la eficiencia operativa.
- Supervisor de Mantenimiento y Desarrollo de la Plataforma Informática: Se encarga del desarrollo, actualización y mantenimiento de las plataformas digitales.
 - Equipo de Informática: Desarrolla nuevas funcionalidades, corrige errores y asegura la estabilidad de las plataformas tecnológicas.

3.2 Evaluación de la situación actual

Dynagro fue fundada en respuesta a la creciente necesidad de tecnologías que apoyen la agricultura sostenible en Chile. Con un enfoque en la agricultura de precisión, la empresa ha centrado sus esfuerzos en desarrollar tecnologías propias y personalizadas que permitan a los agricultores optimizar recursos y mejorar su productividad. Sin embargo, a medida que la empresa ha crecido, también han surgido desafíos relacionados con la calidad, el mantenimiento y la confiabilidad de sus productos.

Fallas en los sensores de humedad:

Uno de los principales retos identificados son las fallas recurrentes en las sondas de humedad, que afectan directamente la operatividad y los resultados entregados a los clientes. Estas fallas pueden deberse a problemas en la fabricación, como falta de estandarización en los procesos, sellado deficiente o calibración incorrecta. También influyen factores externos como condiciones climáticas adversas, manejo inadecuado por parte de los usuarios o falta de mantenimiento preventivo.

Impacto en los clientes:

Cuando un sensor falla, se generan lagunas en los datos recolectados, lo que afecta la precisión de los reportes y recomendaciones automatizadas de riego. Esta situación no solo compromete la toma de decisiones del cliente, sino que también afecta la percepción de confiabilidad hacia Dynagro como proveedor. Los clientes, al depender de estos

dispositivos para optimizar su gestión agrícola, perciben estas fallas como una pérdida de valor, lo que genera insatisfacción y pone en riesgo la retención de usuarios.

Gestión interna de las fallas:

Actualmente, Dynagro carece de un protocolo estandarizado para la detección, reparación y prevención de estas fallas. La ausencia de un equipo dedicado exclusivamente a las reparaciones significa que personal de áreas críticas, como producción o desarrollo tecnológico, debe ser desviado para atender problemas de soporte técnico. Esto genera costos adicionales, tanto económicos como en términos de tiempo, y afecta la productividad global de la empresa.

Implicaciones económicas:

Cada falla implica no solo costos directos asociados a la reparación y sustitución de sensores, sino también costos indirectos relacionados con la insatisfacción del cliente y la posible pérdida de confianza en los servicios de la empresa. Además, la falta de un sistema preventivo aumenta la frecuencia de los incidentes, agravando el problema a largo plazo.

Oportunidad de mejora:

A pesar de estos desafíos, Dynagro tiene la oportunidad de fortalecer su posición en el mercado al abordar estas fallas de manera proactiva. Establecer procesos estandarizados de fabricación, implementar un protocolo de mantenimiento preventivo y asignar recursos específicos al soporte técnico no solo mejorará la calidad de los productos, sino que también reforzará la confianza de los clientes y aumentará la eficiencia operativa.

3.2.1 Proceso actual de fabricación de sondas

El proceso de fabricación de sondas de humedad en Dynagro se describe a continuación, desde la recepción del requerimiento hasta la instalación de las sondas en campo:

Recepción de Requerimientos:

- El área comercial identifica las necesidades del cliente y cierra la orden de compra.
- Se dispone de recursos y se consulta al área de construcción si existe material en stock para la fabricación.
- Gestión de Materiales:
 - Con stock: Se procede directamente al proceso de construcción.
 - Sin stock: Se genera una lista de materiales y se realiza la compra de los insumos necesarios.

Fabricación:

Preparación de Componentes Electrónicos:

- Se reúnen placas y componentes electrónicos.
- Las placas son soldadas a mano y luego limpiadas con alcohol isopropílico en una tina ultrasónica.

Programación y Configuración:

- Los chips son programados y se asigna un ID único a cada dispositivo.

Construcción del Cuerpo de la Sonda:

- Corte del tubo de PVC de 20 mm para sostener las placas electrónicas.
- Corte y Ensamblaje del Exterior:
- Corte del tubo de PVC de 50 mm que protegerá las sondas del ambiente.
- Ensamble del cuerpo externo con pegamento PVC, agregando tapas y prensaestopas para el cableado.

Calibración:

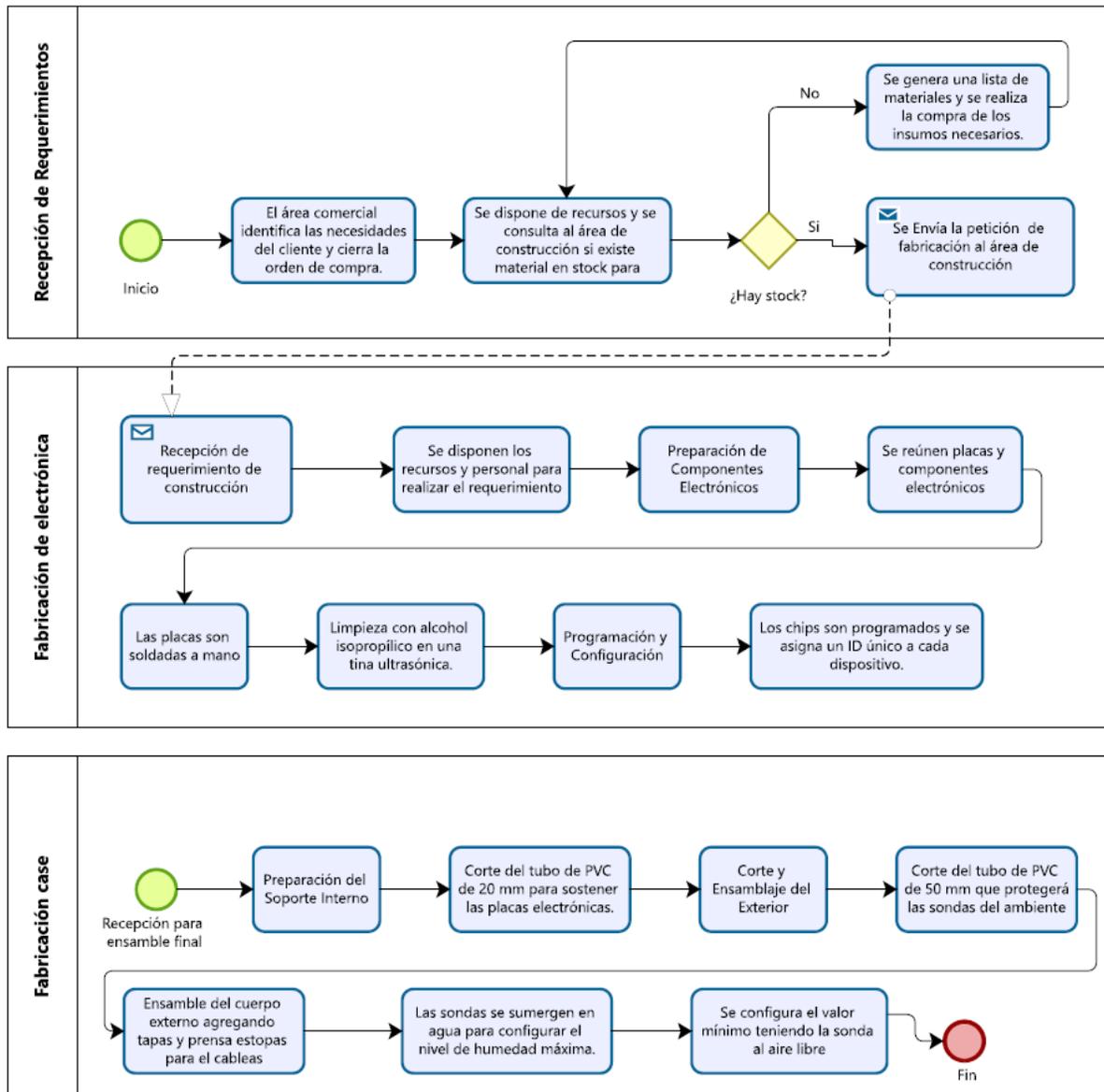
- Las sondas se sumergen en agua para configurar el nivel de humedad máxima.

Instalación:

- Se realiza un hoyo con una broca del tamaño adecuado y se entierra la sonda, dejando expuesta la tapa superior para conexiones.
- La sonda se conecta al dispositivo de lectura, que envía los datos a la plataforma digital.

Este proceso actual presenta desafíos clave relacionados con la estandarización, control de calidad y tiempos de respuesta en etapas críticas. A continuación, se presentará el diagrama BPM de este proceso realizado en el programa Bizagi, el cual permitirá una visualización más clara de las actividades y puntos críticos del flujo de trabajo.

Ilustración 2: Proceso de producción de sondas Dynagro SPA



Fuente: Autoría propia con información de la empresa

3.3 Análisis SIPOC

El SIPOC (Proveedores, Entradas, Proceso, Salidas, Clientes) se construye en base al proceso actual de fabricación de sondas de humedad en Dynagro. Este enfoque permite identificar y analizar los elementos clave del proceso, desde la recepción de requerimientos hasta la instalación en campo.

A continuación, se presenta un desglose del análisis SIPOC.

Ilustración 3: Diagrama SIPOC

S		I		P		O		C	
Proveedores		Entrada		Proceso		Salida		Cliente	
Internos:	Área comercial.	Información Requerida:	Requerimientos del cliente (especificaciones técnicas y cantidades).	Recepción de Requerimientos:	Identificación de necesidades y gestión del pedido.	Productos Finales:	Sondas de humedad calibradas y listas para instalación	Externos:	Productores agrícolas (clientes finales)
	Área de soporte técnico.		Estado del stock de materiales.		Consulta de stock y adquisición de materiales si es necesario.	Servicios:	Instalación de sondas en campo		Empresas del sector agroindustrial
	Área de producción.	Materiales:	Placas electrónicas	Fabricación:	Preparación de componentes electrónicos (soldadura y limpieza).	Documentación:	Configuración del sistema para lectura de datos en la plataforma digital	Internos:	Área comercial.
Externos:	Proveedores de placas electrónicas.		Componentes para soldadura		Programación y configuración de chips (ID único).		Reporte de calibración y configuración de sondas		Área de instalación.
	Proveedores de componentes electrónicos		Tubos de PVC (20 mm y 50 mm)	Construcción del cuerpo de la sonda (corte y ensamblaje del PVC).	Instrucciones de uso para los clientes		Área de soporte técnico.		
	Proveedores de materiales de PVC y componentes de ensamblaje.		Pegamento PVC	Calibración:	Configuración del nivel de humedad máxima mediante inmersión en agua.				
Proveedores de herramientas y equipos de soldadura.	Prensaestopas y tapas protectoras	Instalación:	Instalación en campo (enterrado y conexión al dispositivo de lectura).						
	Plásticos inyectados		Verificación de conexión con la plataforma digital.						
	Recursos Humanos:	Personal de soldadura							
		Programadores							
		Ensambladores							
		Técnicos de calibración e instalación							
	Herramientas y Equipos:	Tina ultrasónica							
		Equipos de soldadura							
		Herramientas de corte PVC							

Fuente: Elaboración Propia con datos de la empresa

3.2.2 Costos asociados al cambio y reparación de sensores

Se presenta la información en una hoja de cálculo en formato Excel que cuantifica los costos asociados al cambio y reparación de sensores de humedad, incluyendo los traslados desde la oficina ubicada en Talca hasta un fundo de nogales en San Clemente, donde actualmente se encuentran instalados 14 sensores.

La cuantificación de estos costos permite comprender el impacto económico de las fallas técnicas en los sensores y la logística requerida para su reparación o recambio. Este análisis es fundamental para identificar oportunidades de mejora en la gestión de recursos y reducir los costos operativos. Por ejemplo, centralizar las tareas de reparación o implementar sensores con mayor durabilidad podría reducir significativamente los costos por traslado y mano de obra.

La evaluación actual servirá como línea base para implementar mejoras en los procesos y medir su efectividad en términos económicos.

Tabla 1: Desglose costos mano de obra y traslado

Macro tarea	Tareas	H.H	Ingeniero	Técnico	Ayudante	Costo tarea	Valor tarea UF (más margen)	Valor tarea CLP
	Traslados	-	-	-	-	0,5	0,75	\$28.916
	Reparación	3	1	0	0	1,2	1,74	\$66.790
	Recambio de sensor	1		1	1	0,32	0,46	\$17.625

Fuente: Área comercial Dynagro.

Tabla 2: Valores de divisas y márgenes para cálculos de costos

Margen horas	30%
Márgenes materiales	30%
Valor UF	\$38.422
Valor USD	\$1.010

Fuente: Área comercial Dynagro

Tabla 3: Desglose de costos H.H.

	Ingeniero	Técnico	Ayudante
Datos			
Horas diarias de trabajo	7	7	7
Días de trabajo	22	22	22
Sueldo mensual	\$2.400.000	\$1.200.000	\$700.000
Cálculos			
Costo Hora de trabajo	\$15.584	\$7.792	\$4.545
Costo Hora de trabajo UF	0,41	0,20	0,12
Costo hora más margen	\$22.263	\$11.132	\$6.494
Costo hora más margen UF	0,58	0,29	0,17

Fuente: Área comercial Dynagro

Tabla 4: Tabla resumen de precios y costos de equipos

Costo de equipos												
Item	Costo de materiales	Costos de fabricación e instalación	Margen costos	Margen ganancias	Precio de venta calculado		Precio de venta actual		Precio de venta final		IVA	Precio final con iva
					UF	clp	UF	clp	CLP			
Gateway	\$472.106	\$24.500	\$87.636	\$250.390	\$21,7	\$834.632	19,2	\$737.552	\$834.632	\$21,7	\$158.580	\$993.212
Nodo	\$307.356	\$38.421	\$61.019	\$174.341	\$15,1	\$581.137	13,0	\$499.384	\$581.137	\$15,1	\$110.416	\$691.553
Poste	\$105.484	\$17.188	\$21.648	\$61.851	\$5,4	\$206.171	10,0	\$384.142	\$384.142	\$10,0	\$72.987	\$457.129
Sensor(sonda)	\$37.274	\$15.762	\$9.359	\$26.741	\$2,3	\$89.137	4,8	\$184.388	\$184.388	\$4,8	\$35.034	\$219.422
Elemento sensor	\$17.332	\$8.897	\$4.629	\$13.225	\$1,1	\$44.082	1,1	\$42.256	\$44.082	\$1,1	\$8.376	\$52.458
Sensor de presión	\$65.950	\$0	\$11.638	\$33.252	\$2,9	\$110.840	2,5	\$96.035	\$110.840	\$2,9	\$21.060	\$131.900
Estacion meteorologica	\$712.148	\$12.000	\$127.791	\$365.117	\$31,7	\$1.217.055	34,4	\$1.321.447	\$1.321.447	\$34,4	\$251.075	\$1.572.522
Caseta de riego	\$107.294	\$12.000	\$21.052	\$60.148	\$5,2	\$200.494	10,0	\$384.142	\$384.142	\$10,0	\$72.987	\$457.129
DGA	\$348.000	\$9.000	\$63.000	\$180.000	\$15,6	\$600.000	18,0	\$691.455	\$691.455	\$18,0	\$131.376	\$822.831
Sensor de temperatura	\$98.187	\$0	\$17.327	\$49.506	\$4,3	\$165.021	4,3	\$165.021	\$165.021	\$4,3	\$31.354	\$196.375

Fuente: Área comercial Dynagro.

Resumen

Costo de traslado fundo Las delicias – oficina:	\$28.916
Costo mano de obra reparación 1 sensor:	\$66.790
Costo mano de obra cambio de 1 sensor:	\$17.625
Costo 1 sensor de humedad:	\$184.388

3.2.3 Gastos por concepto de fallas.

Se presenta el análisis de gastos derivados de las fallas de sensores en un campo cliente de Dynagro. Los datos aquí expuestos fueron obtenidos mediante la colaboración entre el equipo de informática y el área comercial de la empresa. El equipo de informática proporcionó la información sobre los estados de los sensores almacenados en su base de datos, mientras que el área comercial aportó los costos asociados a las reparaciones y reemplazos de sensores. A partir de este cruce de información, se construyó una tabla que permite visualizar el comportamiento de fallas y los costos implicados.

Tabla 5: Tabla de análisis de fallas y costos.

Mes	Día de Falla	Sensores en Falla	Sensores Reparados	Sensores Cambiados	Costo Total Reparaciones	Costo Total Cambios	Costo Total
Marzo	17	1	0	1	\$0	\$184,388	\$184,388
Abril	5	6	2	4	\$133,580	\$737,552	\$871,132
Mayo	3	2	1	1	\$66,790	\$184,388	\$251,178
Junio	7	2	0	2	\$0	\$368,776	\$368,776
Julio	5	5	1	4	\$66,790	\$737,552	\$804,342
Agosto	2	6	1	5	\$66,790	\$921,940	\$988,730
Septiembre	15	5	1	4	\$66,790	\$737,552	\$804,342
Octubre	6	1	1	0	\$66,790	\$0	\$66,790
Total					\$467,530	\$3,872,148	\$4,339,678

Fuente: Elaboración en conjunto con Dynagro.

Esta tabla refleja los costos asociados a las fallas de sensores en un campo específico. Es importante destacar que el comportamiento observado es representativo de los otros 14 clientes de Dynagro, quienes comparten características y patrones similares en cuanto a las fallas de sus sensores.

A partir de los datos recolectados, el costo total anual estimado para este cliente asciende a \$4,339,678, desglosado en \$467,530 por concepto de reparaciones y \$3,872,148 por concepto de cambios de sensores. Extrapolando este comportamiento a los 14 clientes de Dynagro, se puede estimar que el gasto anual en fallas de sensores para toda la cartera de clientes asciende aproximadamente a **\$60.000.000**.

3.3 Análisis del proceso

3.3.1 Brainstorming Fallas y posibles causas

Para abordar el problema de las fallas recurrentes en las sondas de humedad, se llevó a cabo una sesión de brainstorming. Este ejercicio permitió identificar de forma colaborativa las posibles causas que afectan la calidad y el desempeño del proceso de fabricación.

El objetivo de este brainstorming fue generar una lista exhaustiva de factores que podrían estar contribuyendo a las fallas, clasificándolos en categorías que abarcan las diferentes áreas que participan en el proceso ya modelado. A continuación, se presenta el resultado de esta sesión.

- **Falta de Capacitación:** Los trabajadores no cuentan con entrenamiento suficiente en procesos críticos como la soldadura y calibración, lo que incrementa los errores.
- **Errores Humanos:** Las actividades manuales, como el ensamblaje y la instalación, generan fallos frecuentes debido a la ausencia de automatización.
- **Escasez de Personal Especializado:** No hay suficientes técnicos capacitados en mantenimiento preventivo y correctivo.
- **Calidad Variable:** Los plásticos utilizados (PVC sanitario) tienen inconsistencias en su calidad, afectando la funcionalidad del producto final.
- **Retrasos en la Entrega:** Los proveedores no cumplen con los plazos establecidos, lo que ralentiza la fabricación (importaciones).
- **Falta de Estandarización:** Uso de materiales no uniformes que provocan diferencias en el rendimiento de las sondas.
- **Ausencia de Protocolos:** No existen procedimientos claros y documentados para las etapas clave de fabricación, como calibración y ensamblaje.

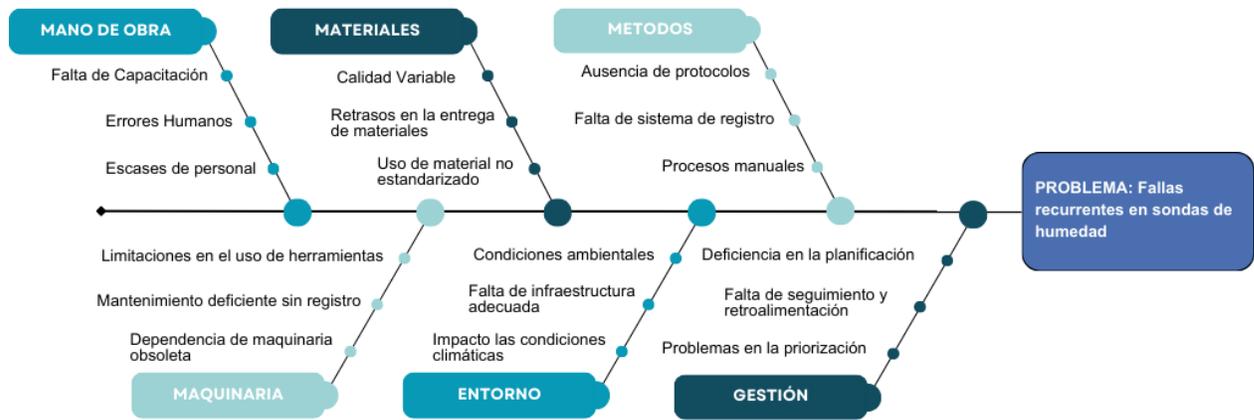
- Falta de Seguimiento de Fallas: No se registra ni analiza adecuadamente la recurrencia de los problemas para implementar soluciones definitivas.
- Procesos Manuales: Las actividades no automatizadas generan variabilidad en la calidad de los productos.
- Uso Limitado de Automatización: Falta de herramientas automatizadas que mejoren la precisión y reduzcan los tiempos.
- Mantenimiento Insuficiente: Equipos clave como las tinas ultrasónicas no reciben un mantenimiento regular, reduciendo su eficacia.
- Dependencia de Tecnología Obsoleta: Se utilizan máquinas que no cumplen con los estándares modernos de eficiencia.
- Condiciones Climáticas Adversas: Factores como humedad o temperaturas extremas afectan las pruebas y el almacenamiento de las sondas.
- Falta de Infraestructura Adecuada: Las pruebas no siempre se realizan en entornos controlados, lo que afecta la consistencia de los resultados.
- Impacto Ambiental: Condiciones externas como polvo y suciedad durante la instalación dificultan el rendimiento óptimo del producto.
- Deficiencias en la Coordinación: Falta de comunicación efectiva entre las áreas de comercial, producción e instalación.
- Falta de retroalimentación: No se analiza el desempeño del producto una vez en uso, lo que limita la mejora continua.
- Priorización Ineficiente: Las tareas no se asignan adecuadamente, lo que afecta los tiempos de respuesta ante fallas.

3.3.2 Diagrama causa-efecto (Ishikawa)

El diagrama causa-efecto resulta esencial para analizar las posibles causas de los problemas detectados en el proceso de fabricación e instalación de las sondas. A partir del brainstorming anterior se clasificaron las causas y se ordenaron en las categorías mencionadas y se construyó el diagrama de Ishikawa, lo que permitió estructurar y visualizar mejor los factores que contribuyen a las fallas recurrentes en las sondas de humedad. A continuación, se presenta el diagrama cola de pescado seguido de una

explicación más detallada y enfocada en el contexto del proyecto Dynagro, aterrizando cada categoría en sus implicaciones directas y posibles puntos de mejora:

Ilustración 4: Diagrama de Ishikawa



Fuente: Elaboración Propia.

MANO DE OBRA

Se identificó que la falta de capacitación, los errores humanos y la escasez de personal afectan la calidad y confiabilidad de los sensores.

- Falta de capacitación: Los operarios no cuentan con formación específica en procesos críticos como soldadura y calibración. Esto lleva a errores que afectan la funcionalidad de las sondas y su vida útil.
- Errores humanos: Debido a la alta dependencia de procesos manuales, se producen variaciones en el ensamblaje y calibración.
- Escasez de personal: La falta de técnicos capacitados en mantenimiento y soporte técnico retrasa las reparaciones y genera sobrecarga en el equipo.

MATERIALES

Los problemas relacionados con la calidad, disponibilidad y estandarización de los materiales impactan directamente en la confiabilidad de los sensores.

- Calidad variable: Se han detectado diferencias en el PVC y en los componentes electrónicos que afectan la resistencia y precisión de las sondas.
- Retrasos en la entrega: Los tiempos de espera por materiales han generado interrupciones en la fabricación.
- Uso de material no estandarizado: La variabilidad en los componentes provoca diferencias en el desempeño de los sensores.

MÉTODOS

La falta de procedimientos documentados y registros dificulta la mejora continua y la identificación de fallas recurrentes.

- Ausencia de protocolos: No hay un procedimiento claro para la fabricación, calibración e instalación de los sensores, lo que genera inconsistencias en la calidad.
- Falta de sistema de registro: No se llevan registros detallados sobre fallas y reparaciones, dificultando la detección de patrones
- Procesos manuales: La fabricación y calibración dependen en gran medida del trabajo manual, aumentando la probabilidad de errores.

MAQUINARIA

Las limitaciones en equipamiento y mantenimiento impactan en la eficiencia de la producción.

- Limitaciones en herramientas: No se dispone de equipamiento moderno para mejorar la precisión en el ensamblaje.
- Mantenimiento deficiente sin registro: No hay un programa estructurado de mantenimiento para el equipo de producción, lo que aumenta el riesgo de fallos.

- Dependencia de maquinaria obsoleta: Algunas herramientas utilizadas no cumplen con los estándares actuales de eficiencia y precisión, lo que afecta la producción.

ENTORNO

Factores externos y la infraestructura disponible también influyen en el desempeño de las sondas.

- Condiciones ambientales: La humedad y temperatura pueden afectar la calibración y rendimiento de los sensores.
- Falta de infraestructura adecuada: No se cuenta con instalaciones apropiadas para pruebas y almacenamiento de los sensores, lo que puede comprometer su calidad antes de la entrega.
- Impacto de las condiciones climáticas: Las sondas pueden deteriorarse prematuramente por exposición a factores ambientales adversos.

GESTIÓN

Los problemas en la planificación y priorización de tareas afectan la respuesta a fallas y la eficiencia operativa.

- Deficiencia en la planificación: La ausencia de un plan claro de mantenimiento y producción genera retrasos y acumulación de trabajo.
- Falta de seguimiento y retroalimentación: No se cuenta con un proceso estructurado para analizar fallas y mejorar los sensores.
- Problemas en la priorización: La asignación de recursos no está optimizada, lo que provoca que fallas menores retrasen soluciones más urgentes.

3.3.3 Matriz Causa - Efecto

La matriz causa-efecto del proyecto Dynagro identifica los factores clave que contribuyen a las fallas en los sensores de humedad. Cada una de estas variables tiene un impacto en la operatividad y confiabilidad de los dispositivos, afectando la eficiencia de la empresa y la satisfacción del cliente. A continuación, se dejará en evidencia la matriz causa-efecto estableciendo la conexión entre variables de entradas del diagrama de Ishikawa y las salidas del diagrama SIPOC.

Ilustración 5: Matriz Causa-Efecto

Tasa de importancia para el cliente	10	9	10	8	7	5	5	
	1		2	3	4	5	6	
Variables de entrada	Sondas de humedad calibradas y listas para instalación	Instalación de sondas en campo	Configuración del sistema para lectura de datos en la plataforma digital	Reporte de calibración y configuración de sondas	Instrucciones de uso para los clientes.	Plataforma web con datos	Administración online de sensores	Total
1 Falta de Capacitación	6	7	8	6	5	6	7	351
2 Errores Humanos	5	6	6	5	4	5	6	287
3 Escasez de Personal Especializado	6	7	7	6	4	5	6	324
4 Calidad Variable	8	7	8	7	6	6	7	386
5 Retrasos en la Entrega	5	6	0	0	0	0	0	104
6 Falta de Estandarización	8	8	8	7	5	6	7	388
7 Ausencia de Protocolos	7	7	7	6	5	6	6	346
8 Falta de Seguimiento de Fallas	6	5	6	6	4	6	7	306
9 Procesos Manuales	6	6	7	6	4	5	6	315
10 Uso Limitado de Automatización	7	6	7	7	5	6	7	350
11 Mantenimiento Insuficiente	6	6	7	7	5	7	8	350
12 Dependencia de Tecnología Obsoleta	0	5	5	0	0	4	6	145
13 Condiciones Climáticas Adversas	0	6	0	0	0	0	4	74
14 Falta de Infraestructura Adecuada	0	5	0	0	0	0	3	60
15 Impacto Ambiental	6	6	6	5	4	4	5	287
16 Deficiencias en la Coordinación	5	5	5	4	3	3	4	233
17 Falta de Retroalimentación	6	5	6	6	5	7	7	318
18 Priorización Ineficiente	5	6	5	5	4	5	6	277
Total	92	109	98	83	63	81	102	

Fuente: Elaboración propia con información de la empresa.

A continuación, se detallan las principales variables analizadas en el estudio desde el total obtenido:

1. Falta de estandarización (388 puntos)

La ausencia de un proceso estandarizado en la fabricación de sondas de humedad genera inconsistencias en la calidad del producto. La variabilidad en la construcción afecta a la calibración y el desempeño de los sensores, lo que aumenta la probabilidad de fallas y reduce la confianza del cliente en la empresa Dynagro. Implementar procedimientos claros y protocolos de calidad es fundamental para minimizar estos problemas.

2. Calidad variable (386 puntos)

Las diferencias en la calidad de los materiales y en los métodos de fabricación provocan que algunos sensores funcionen de manera óptima mientras que otros presentan fallas prematuras. Esta variabilidad impacta directamente en la precisión de las mediciones de humedad y en la durabilidad de los dispositivos, lo que conlleva mayores costos de reparación y reemplazo.

3. Falta de capacitación (351 puntos)

La ausencia de programas de formación para el personal técnico contribuye a errores en la fabricación, instalación y mantenimiento de los sensores. Un equipo de trabajo sin capacitación adecuada puede cometer fallas en procesos claves como el ensamblaje, la calibración y la identificación de problemas en los dispositivos.

4. Procesos Manuales (350 puntos)

El uso intensivo de procesos manuales en la producción y calibración de los sensores incrementa el riesgo de errores humanos. La falta de automatización genera inconsistencias en el producto final y aumenta los tiempos de producción, lo que afecta la capacidad de respuesta ante la demanda del mercado.

5. Uso Limitado de automatización (350 puntos)

La escasez de herramientas y sistemas automatizados en la línea de producción y pruebas de los sensores limita la precisión y confiabilidad de los

dispositivos. La incorporación de tecnología avanzada permitiría reducir la variabilidad en la fabricación y mejorar la detección temprana de fallas, optimizando así la calidad del producto.

6. Mantenimiento Insuficiente (330 puntos)

La falta de un plan estructurado de mantenimiento preventivo y correctivo ocasiona un deterioro prematuro en los sensores. La ausencia de inspecciones periódicas y ajustes preventivos provoca que las fallas se detectan sólo cuando los dispositivos ya han dejado de funcionar, aumentando los costos operativos.

7. Falta de Seguimiento de Fallas (306 puntos)

El no contar con un sistema de registro y análisis de fallas impide la identificación de patrones de defectos recurrentes. Sin una base de datos histórica sobre los problemas técnicos, la empresa no puede aplicar medidas correctivas eficaces para prevenir errores en futuras producciones.

8. Retrasos en la Entrega (306 puntos)

La demora en la adquisición de insumos y en la fabricación de los sensores afectan la capacidad de respuesta de la empresa ante la demanda del mercado. Los clientes experimentan tiempos de espera prolongados para recibir sus dispositivos, lo que puede impactar negativamente en la reputación de Dynagro.

9. Escasez de Personal Especializado (287 puntos)

La falta de un equipo técnico especializado en fabricación, instalación y mantenimiento de sensores genera sobrecarga de trabajo al personal existente y reduce la eficiencia en la atención de fallas. La contratación y formación de especialistas es clave para mejorar la capacidad operativa de la empresa.

10. Errores Humanos (287 puntos)

Los fallos en la manipulación y configuración de los sensores debido a la falta de capacitación y procedimientos claros generan problemas en su funcionamiento. Un equipo bien entrenado y con protocolos detallados pueden reducir significativamente la incidencia de errores.

Estas variables representan los principales factores que afectan la calidad y operatividad de los sensores de humedad en Dynagro. La identificación y análisis de estas causas permite desarrollar estrategias de mejora enfocadas en la estandarización de procesos, la automatización de tareas y la optimización de la gestión de recursos. En los siguientes apartados, se detallarán las propuestas específicas para mitigar estos problemas y mejorar la eficiencia general de la empresa.

3.3.2 Impacto de las causas

La matriz causa-efecto del proyecto Dynagro nos permite identificar los factores clave que contribuyen a las fallas en los sensores de humedad. Cada una de estas variables tiene un impacto en la operatividad y confiabilidad de los dispositivos, afectando la eficiencia de la empresa y la satisfacción del cliente. Vinculando estos datos con el análisis SIPOC, es posible estimar el impacto acumulado de cada variable en los problemas operativos de la organización.

A continuación, en la Tabla 1 se detallan las principales variables analizadas en el estudio y su impacto.

Tabla 6: Causas y su impacto

Causa	Total	Impacto Relativo (%)
Falta de Estandarización	388	7.9%
Calidad Variable	386	7.9%
Falta de Capacitación	351	7.2%
Uso Limitado de Automatización	350	7.1%
Mantenimiento Insuficiente	350	7.1%
Ausencia de Protocolos	346	7.1%
Escasez de Personal Especializado	324	6.6%
Falta de Retroalimentación	318	6.5%
Procesos Manuales	315	6.4%
Falta de Seguimiento de Fallas	306	6.2%
Errores Humanos	287	5.9%

Impacto Ambiental	287	5.9%
Priorización Ineficiente	277	5.7%
Deficiencias en la Coordinación	233	4.8%
Dependencia de Tecnología Obsoleta	145	3.0%
Retrasos en la Entrega	104	2.1%
Condiciones Climáticas Adversas	74	1.5%
Falta de Infraestructura Adecuada	60	1.2%

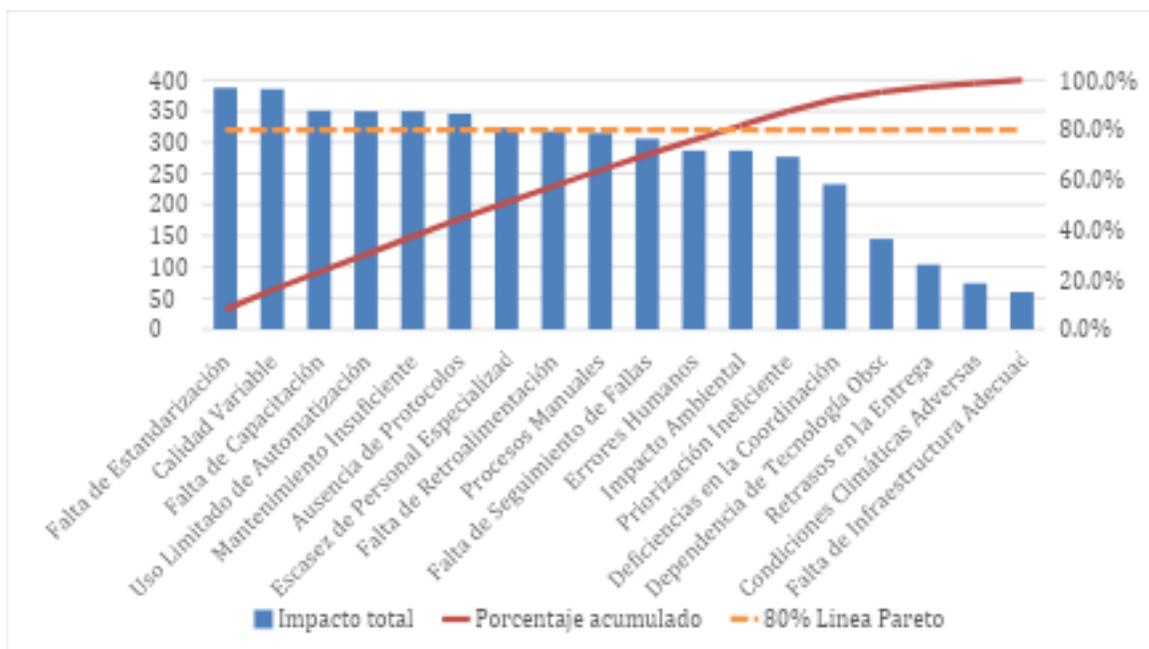
Fuente: Elaboración propia.

A partir de la tabla queda en evidencia que las variables con mayor impacto son falta de Estandarización, Calidad Variable, Falta de Capacitación, Uso Limitado de Automatización, y Mantenimiento Insuficiente. Estas acumulan un 46.9% del impacto total.

Diagrama de Pareto impacto de las causas

A continuación, se deja en evidencia el diagrama de Pareto y el impacto de las causas en la fabricación de sonda de humedad en la empresa Dynagro.

Ilustración 6: Diagrama de Pareto impacto de las causas



Fuente: Elaboración propia con información de la empresa.

Según el diagrama de Pareto, se requieren 9 causas principales para alcanzar el 80% del impacto acumulado, lo que resalta la necesidad de abordar múltiples áreas para resolver problemas operativos que afectan en la fabricación de sondas de humedad de la fábrica Dynagro y esto se vincula a las principales fallas de los clientes obtenidas desde el diagrama SIPOC y la matriz causa-efecto.

3.3.4 Impacto en las salidas

La siguiente tabla muestra las variables de salida consideradas más relevantes para los clientes, con su impacto relativo.

Tabla 7: Variables de salida y su impacto

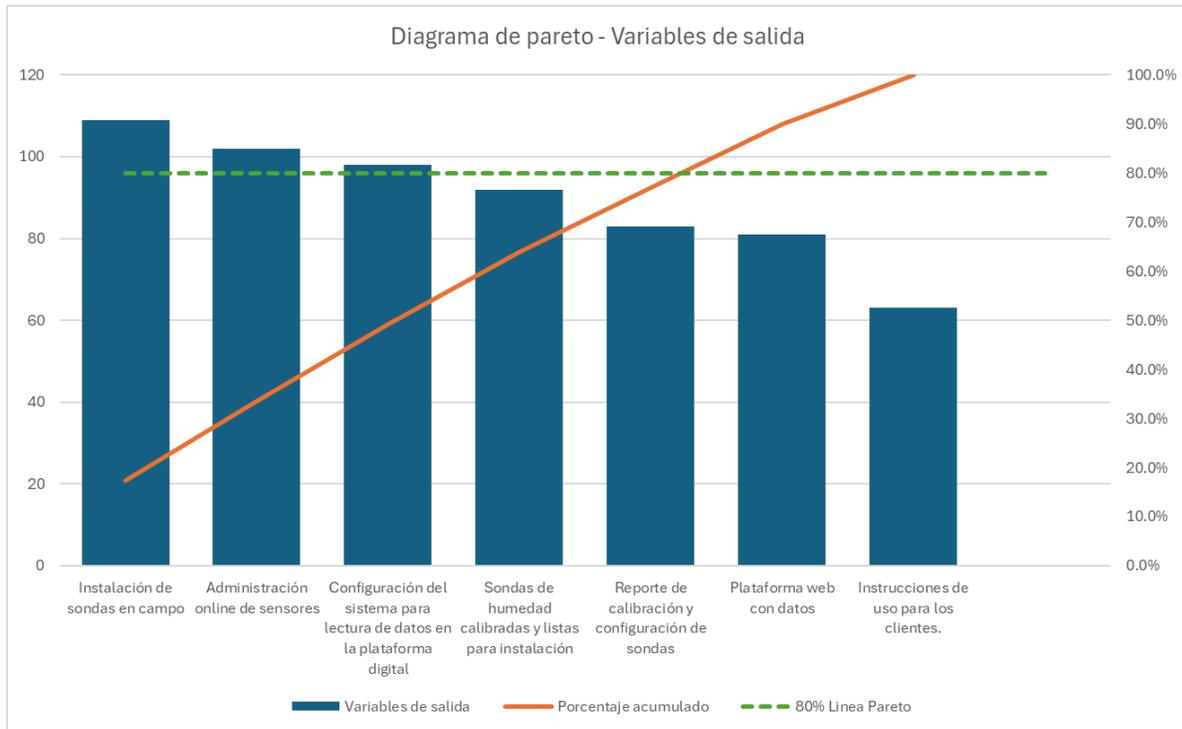
Variables de salida	Total	Impacto Relativo (%)
Instalación de sondas en campo	109	17.4%
Administración online de sensores	102	16.2%
Configuración del sistema para lectura de datos en la plataforma digital	98	15.6%
Sondas de humedad calibradas y listas para instalación	92	14.6%
Reporte de calibración y configuración de sondas	83	13.2%
Plataforma web con datos	81	12.9%
Instrucciones de uso para los clientes.	63	10.0%

Fuente: Elaboración propia.

La tabla refleja cómo las diferentes variables de salida impactan en la percepción de los clientes. Las tres principales variables (“Instalación de sondas en campo”, “Administración online de sensores” y “Configuración del sistema para lectura de datos en la plataforma digital”) concentran el 49.2% del impacto total, mostrando que estas deben ser prioritarias para las mejoras propuestas.

3.3.4 Diagrama de Pareto impacto de las salidas

Ilustración 7: Diagrama de Pareto Variables de salida relevantes para el cliente



Fuente: Elaboración propia con información de la empresa.

3.4 Resumen análisis matriz causa efecto

El análisis de la matriz causa-efecto y Pareto permite sintetizar las áreas críticas de mejora dentro del proceso de fabricación y gestión de las sondas de humedad de Dynagro. A continuación, se presentan los principales hallazgos:

Causas de mayor impacto:

Falta de estandarización (7.9%), calidad variable (7.9%) y falta de capacitación (7.2%) representan las principales fuentes de fallas en el proceso.

Procesos manuales y la escasez de personal especializado también contribuyen significativamente a las deficiencias operativas.

Impacto en los clientes:

- La correcta instalación de sondas en campo (17.4%), la administración online de sensores (16.2%) y la correcta configuración de lectura de datos (15.6%) son las variables de salida más valoradas por los usuarios.

Mejorar estos aspectos incrementará la satisfacción y confiabilidad del producto.

CAPÍTULO 4: PROPUESTA DE MEJORA

A partir del análisis detallado de la situación actual en Dynagro, se han identificado múltiples deficiencias en la gestión de fallas de las sondas de humedad, afectando la operatividad de los dispositivos, la satisfacción del cliente y la eficiencia en el uso de recursos. Estas problemáticas se traducen en altos costos de mantenimiento, pérdida de confianza en la marca y una reducción en la competitividad de la empresa dentro del sector de la agricultura de precisión.

La presente propuesta de mejora busca abordar estos desafíos mediante un enfoque estructurado que contempla la estandarización de procesos, la optimización en la gestión de los recursos y la incorporación de herramientas tecnológicas que permiten minimizar las fallas en los sensores de humedad. Se han considerado metodologías como Lean Manufacturing y el ciclo PDCA, ampliamente utilizadas en industrias tecnológicas y de manufactura, para garantizar que las soluciones sean sostenibles y generen un impacto positivo en la operación de la empresa.

La propuesta se divide en dos ejes principales:

1. Mejoras en procesos técnicos: Se enfocará en la estandarización de la fabricación de las sondas, la implementación de controles de calidad rigurosos y la automatización de tareas críticas como la calibración y pruebas de funcionamiento. Estas mejoras permitirán aumentar la confiabilidad y durabilidad de los sensores, reduciendo significativamente las fallas técnicas.
2. Optimización en la gestión de recursos: Se plantean estrategias para la asignación eficiente de personal, la creación de un equipo especializado en mantenimiento y la implementación de un sistema de monitoreo y registro de fallas. Con esto, se busca reducir el tiempo de respuesta ante incidentes y disminuir los costos asociados a reparaciones y reemplazos de sensores.

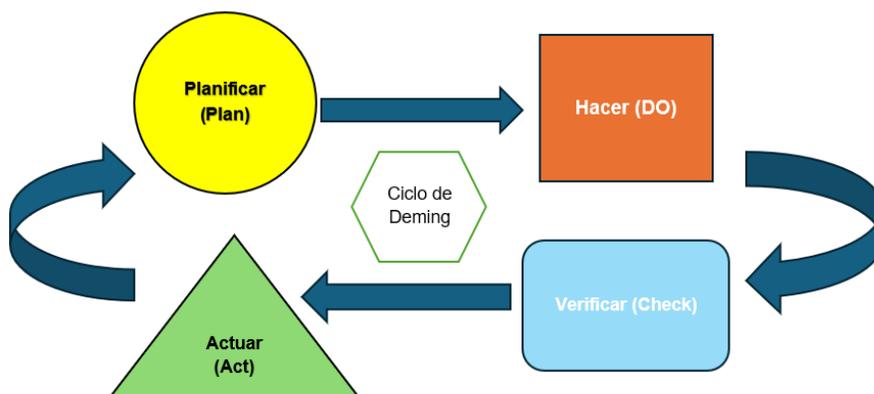
En los apartados siguientes se detallarán las estrategias específicas para cada eje de mejora, así como las herramientas que facilitarán su implementación y seguimiento.

4.1 Ciclo PDCA - Mejora Continua

Para abordar las problemáticas ya mencionadas, se implementará el Ciclo de Deming (PDCA - Plan, Do, Check, Act) como una metodología clave para la mejora continua dentro de la organización.

El objetivo principal de esta estrategia es establecer un enfoque estructurado que permita identificar problemas, desarrollar soluciones basadas en datos, evaluar su efectividad y aplicar mejoras constantes. A través de la implementación del Ciclo PDCA, Dynagro podrá optimizar sus procesos internos, reducir los costos operativos asociados a fallas en los sensores y mejorar la calidad del mantenimiento, asegurando una mayor satisfacción del cliente.

Ilustración 8: Ciclo de Deming



Fuente: Elaboración Propia

Cada fase del ciclo PDCA se aplicará específicamente en la gestión y mantenimiento de los sensores de humedad de Dynagro, abordando acciones concretas para mejorar la eficiencia operativa y la estandarización de procesos:

Planificar: En esta etapa se establecen las bases fundamentales del proceso de mejora continua. El objetivo principal es identificar con claridad la problemática que afecta la calidad de los sensores de humedad y la eficiencia en su mantenimiento. A partir de este diagnóstico, se definen objetivos concretos y estrategias orientadas a la solución. Esta fase contempla:

- Identificar el problema: Determinar con precisión las fallas recurrentes en el funcionamiento de los sensores y en la gestión de su mantenimiento.
- Establecer la situación actual: Analizar el estado operativo del área de producción y del sistema de almacenamiento de sensores, tanto a nivel técnico como organizacional.
- Determinar posibles causas: Investigar las condiciones técnicas, humanas y de gestión que podrían estar generando las deficiencias observadas.
- Proponer mejoras: Diseñar acciones concretas que permitan estandarizar procesos, mejorar el control de calidad y optimizar el uso de los recursos técnicos y humanos.

Hacer: Se procederá con la implementación de las mejoras propuestas, garantizando que las estrategias diseñadas en la fase anterior sean aplicadas correctamente. Las acciones para ejecutar incluirán:

- Estandarización del proceso de fabricación.
- Diseño e implementación de controles de calidad en cada etapa del proceso.
- Definición de estándares de fabricación y mantenimiento.
- Asignación detallada de recursos técnicos y humanos.
- Creación de protocolos de diagnóstico de fallas y control de calidad.

Verificar: Se analizarán los resultados obtenidos tras la implementación de las mejoras, comparando los indicadores de desempeño con los valores iniciales. En esta fase se realizará:

- Auditoría de la efectividad de las nuevas metodologías de mantenimiento.
- Evaluación del impacto en los costos operativos y tiempos de respuesta ante incidentes.

Actuar: En función de los resultados obtenidos en la verificación, se consolidarán las mejoras más efectivas y se realizarán ajustes en aquellas áreas que aún presenten problemas. Esta etapa permitirá:

- Estandarizar las estrategias de mantenimiento efectivas para su aplicación a gran escala.
- Optimizar el proceso de fabricación y diagnóstico para asegurar una calidad uniforme.
- Documentar las mejores prácticas para garantizar la mejora continua en Dynagro.

La implementación del Ciclo PDCA dentro de Dynagro permitirá fortalecer la calidad y confiabilidad de los sensores de humedad, asegurando una mayor eficiencia en la gestión de recursos y reducción de costos. Con este enfoque, la empresa podrá consolidar una estructura operativa más eficiente y competitiva en el sector agrícola, promoviendo un crecimiento sostenible y una mejora continua en sus procesos.

4.2 Aplicación del Ciclo PDCA en Dynagro

4.2.1 Plan (Planificar)

La fase de planificación es la base fundamental del ciclo PDCA, ya que establece las acciones necesarias para abordar las problemáticas existentes en Dynagro y diseñar estrategias de mejora en la fabricación de sensores de humedad y la optimización de los recursos de la empresa. Se abordarán dos áreas principales: Procesos Técnicos y Gestión, asegurando una planificación integral.

A continuación, se presentan agrupadas las mejoras identificadas a partir de las variables analizadas en el Diagrama de Pareto. Con el fin de facilitar la comprensión se han integrado aquellas causas que muestran una relación entre sí.

Tabla 8: Causas identificadas y mejoras.

Causas Identificadas	Grupo de Mejora
Falta de estandarización	Estandarización y formalización de procesos
Calidad variable	
Procesos manuales	
Ausencia de protocolos	
Uso limitado de automatización	Mejora tecnológica y digitalización
Dependencia de tecnología obsoleta	
Falta de capacitación	Formación y desarrollo de competencias
Falta de retroalimentación	
Errores humanos	
Mantenimiento insuficiente	Gestión del mantenimiento
Falta de seguimiento de fallas	

Escasez de personal especializado	Gestión del talento y recursos humanos
Priorización ineficiente	
Deficiencias en la coordinación	
Falta de infraestructura adecuada	Infraestructura y soporte operativo
Retrasos en la entrega	Logística y gestión operativa
Condiciones climáticas adversas	

Fuente: Elaboración propia.

En la siguiente tabla, se vinculan las causas y las salidas, lo que nos permitirá planificar las mejoras de una manera más efectiva en los procesos y ver el impacto en sus correspondientes salidas.

Tabla 9: Causas y salidas.

objetivo	Causas	Salidas
Estandarización y formalización de procesos	Falta de estandarización	Proceso establecido y controlado
	Calidad variable	
	Procesos manuales	
	Ausencia de protocolos	
Mejora tecnológica y digitalización	Uso limitado de automatización	Eficiencia constructiva
	Dependencia de tecnología obsoleta	
Formación y desarrollo de competencias	Falta de capacitación	Reducción de defectos de fabricación
	Falta de retroalimentación	
	Errores humanos	
Gestión del mantenimiento	Mantenimiento insuficiente	Reducción de fallas en terreno
	Falta de seguimiento de fallas	

Gestión del talento y recursos humanos	Escasez de personal especializado	
	Priorización ineficiente	Eficiencia en atención de fallas
	Deficiencias en la coordinación	
Infraestructura y soporte operativo	Falta de infraestructura adecuada	satisfacción del cliente final
Logística y gestión operativa	Retrasos en la entrega	
	Condiciones climáticas adversas	

Fuente: Elaboración Propia.

4.2.1.1 Definición de los objetivos:

1. Estandarización y formalización de procesos:

Busca establecer procedimientos uniformes, documentados y repetibles que aseguren la consistencia en la fabricación, instalación y mantenimiento de los sensores. La falta de estandarización genera variabilidad, errores operativos y fallas en la calidad del producto.

Propuesta de mejora:

Diseñar e implementar manuales técnicos de fabricación y mantenimiento, acompañados de protocolos de operación y control de calidad que se apliquen en todas las etapas del proceso. (ver en los siguientes apartados su ilustración)

2. Mejora tecnológica y digitalización

Apunta a modernizar los procesos operativos y técnicos mediante la incorporación de herramientas digitales y tecnologías actualizadas. Esto permite aumentar la precisión, automatizar tareas repetitivas y reducir el margen de error.

Propuesta de mejora:

Actualizar los sistemas de control y medición con tecnología compatible con IoT, incorporar estaciones de diagnóstico digital para sensores y utilizar software para trazabilidad y gestión de fallas.

3. Formación y desarrollo de competencias

Enfocada en mejorar las capacidades técnicas y operativas del personal a través de capacitación continua y mecanismos de retroalimentación. Un equipo capacitado reduce errores humanos y mejora el desempeño global del proceso.

Propuesta de mejora:

Implementar un programa de formación técnica periódica, con evaluaciones prácticas y teóricas, acompañado de un sistema de retroalimentación estructurada y certificación interna.

4. Gestión del mantenimiento

Se orienta a estructurar y fortalecer las prácticas de mantenimiento preventivo, correctivo y predictivo, asegurando la disponibilidad de los sensores en funcionamiento y reduciendo el tiempo fuera de servicio.

Propuesta de mejora:

Establecer un sistema digital de seguimiento de mantenimiento y fallas, que incluya alertas, historial técnico de los equipos y protocolos de intervención estandarizados.

5. Gestión del talento y recursos humanos

Busca optimizar la asignación de personal, el uso de competencias y la coordinación entre equipos. Una estructura de trabajo bien organizada mejora la eficiencia y la toma de decisiones.

Propuesta de mejora:

Rediseñar el organigrama operativo según perfiles técnicos, definir roles claros y establecer rutinas de coordinación semanal para distribución y seguimiento de tareas.

6. Infraestructura y soporte operativo

Hace referencia a la adecuación de los espacios físicos, herramientas y condiciones de trabajo que permitan una operación segura, eficiente y sin interrupciones.

Propuesta de mejora:

Invertir en mejoras de laboratorio, estaciones de trabajo, almacenamiento de componentes y sistemas de ventilación, asegurando que cada puesto cuente con lo necesario para su tarea.

7. Logística y gestión operativa

Busca garantizar la fluidez en la entrega, distribución y reposición de insumos, repuestos y productos. Una logística eficiente reduce retrasos y mejora la experiencia del cliente interno y externo.

Propuesta de mejora:

Implementar un sistema de control de stock digital, establecer tiempos estándar de entrega y crear planes de contingencia ante condiciones climáticas adversas.

Tabla 10: Objetivos para la propuesta de mejora.

Objetivo	Estrategia	Meta	Seguimiento
Estandarización y formalización de procesos	Elaborar manuales técnicos y protocolos de calidad para fabricación y soporte	Implementar 100% de los procedimientos estandarizados en producción	Auditorías internas mensuales; checklist de cumplimiento por etapa
Mejora tecnológica y digitalización	Incorporar herramientas digitales y modernizar los dispositivos	Automatizar al menos el 60% de los procesos manuales	Registro de procesos digitalizados y reportes de eficiencia
Formación y desarrollo de competencias	Capacitar al personal técnico en nuevas metodologías y herramientas	Certificar al 100% del equipo técnico en el nuevo plan de capacitación	Evaluaciones periódicas y encuestas de desempeño
Gestión del mantenimiento	Implementar un sistema de mantenimiento preventivo y seguimiento de fallas	Disminuir en 50% las fallas correctivas en 6 meses	Reportes de fallas, historial de mantenimiento, análisis mensual
Gestión del talento y recursos humanos	Reorganizar tareas, roles y coordinar equipos de trabajo	Aumentar en 30% la eficiencia de asignación de tareas	Revisión de KPIs individuales y reuniones de coordinación semanales
Infraestructura y soporte operativo	Mejorar estaciones de trabajo y condiciones de operación	100% de los puestos de ensamble con equipamiento adecuado	Inspecciones de instalaciones y encuestas de ergonomía
Logística y gestión operativa	Digitalizar el control de stock y optimizar entregas	Reducir retrasos logísticos en un 40% en 4 meses	Control de inventario automatizado y análisis de tiempos de entrega

Fuente: Elaboración propia

4.2.2 Do (Ejecutar)

Una vez establecidas las estrategias, protocolos y mejoras en la etapa de planificación, la fase Ejecutar consiste en realizar todas las acciones definidas. Es el momento de llevar a la práctica las soluciones diseñadas para abordar las problemáticas identificadas,

poniendo especial énfasis en el cumplimiento de los procedimientos, el uso eficiente de los recursos y la participación activa del personal técnico y operativo.

En esta etapa, se desarrollan manuales, estándares, capacitaciones, implementación de herramientas, pruebas de los nuevos procesos, y se documenta todo lo necesario para poder evaluar posteriormente su efectividad. Esta fase es clave para validar si las propuestas funcionan correctamente en condiciones reales y operativas dentro de Dynagro.

El enfoque será implementar mejoras en los siguientes ejes:

- Estandarización del proceso de fabricación
- Automatización y digitalización de registros
- Capacitación práctica del equipo
- Instalación de sistemas de mantenimiento y monitoreo de fallas
- Adecuación de infraestructura y recursos logísticos

La correcta ejecución de esta etapa permitirá avanzar con evidencia hacia la fase de verificación, evaluando el impacto real de las mejoras implementadas.

Definición y estandarización de proceso de construcción de sonda

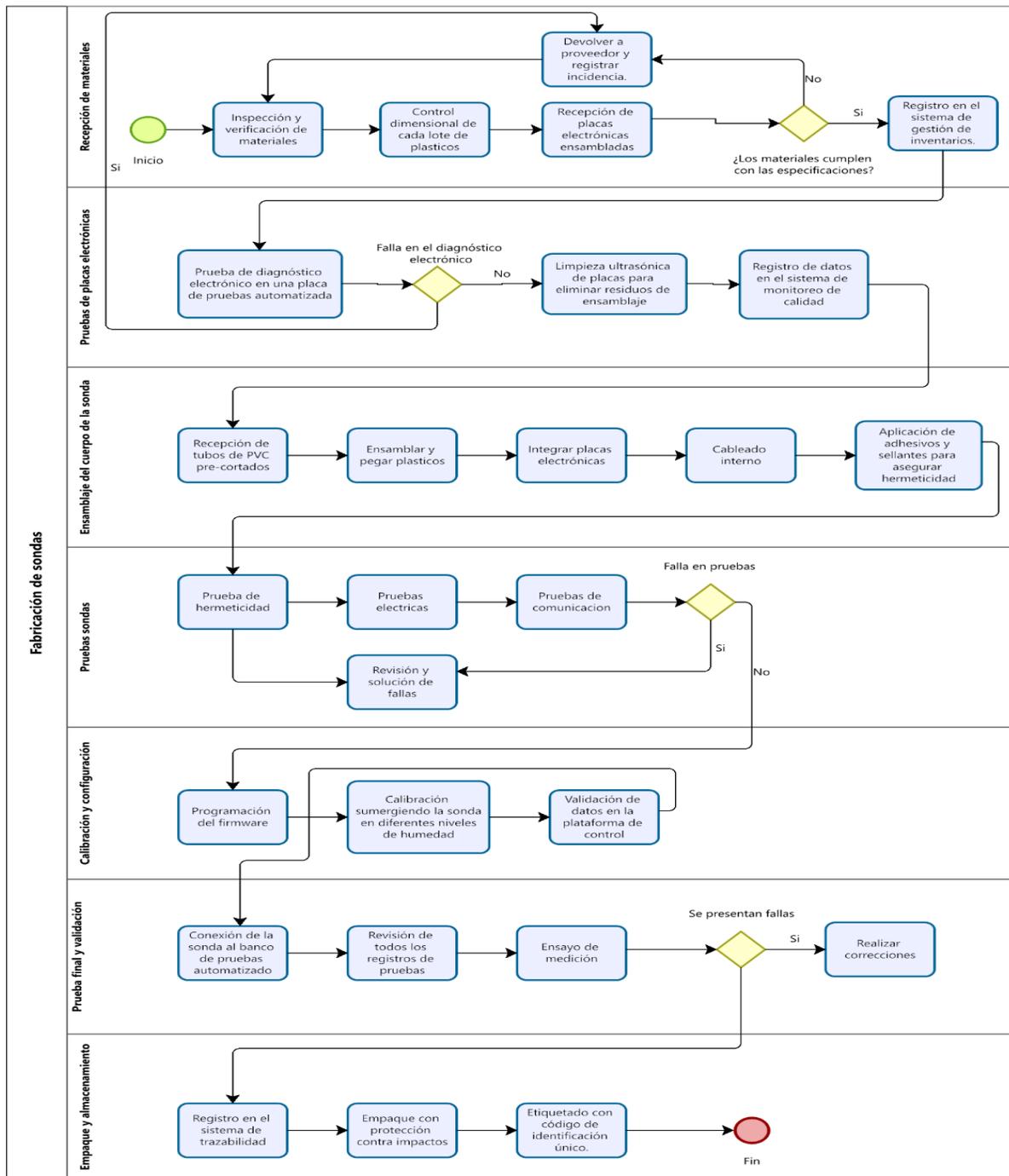
Para mejorar la calidad y confiabilidad de los sensores de humedad, es fundamental establecer procesos estandarizados que minimicen errores y variaciones en la producción. Se implementarán las siguientes acciones.

Se ha desarrollado un nuevo flujo de ensamblado que mejora el control de calidad, reduce fallas y aumenta la eficiencia en la producción.

El siguiente diagrama ilustra el ensamblaje paso a paso de los sensores de humedad, incluyendo mejoras en la estandarización, calibración precisa y controles de calidad en

cada fase. Servirá como referencia para aplicar los procedimientos optimizados y asegurar la eficiencia en la producción en Dynagro.

Ilustración 9: Diagrama proceso fabricación sonda



Fuente: Elaboración Propia.

4.2.2.1 Definición de un Manual de Procedimientos

Un Manual de Procedimientos es un documento técnico y organizativo que tiene como objetivo principal estandarizar y formalizar las actividades recurrentes dentro de una organización. Este manual describe de manera detallada el *qué, cómo, quién, cuándo y dónde* se deben ejecutar las tareas que componen los procesos clave, permitiendo asegurar la coherencia operativa, la trazabilidad y la eficiencia en la ejecución de las funciones.

A través de instrucciones claras y estructuradas, el manual establece directrices para la realización de tareas, asigna responsabilidades y define los recursos necesarios para su cumplimiento. Esto permite reducir errores, facilitar la inducción de nuevos colaboradores, delegar funciones de manera efectiva y mejorar el control interno de la organización.

Características principales:

- Estandarización de procesos: Define la forma correcta y uniforme de ejecutar las actividades, evitando la variabilidad en los resultados.
- Asignación de responsabilidades: Establece quién es responsable de cada tarea o proceso, favoreciendo la rendición de cuentas.
- Facilita la capacitación: Sirve como material de referencia para entrenar a nuevos colaboradores o reforzar conocimientos en el equipo actual.
- Optimización del tiempo y recursos: Al tener procedimientos claros, se reducen tiempos de ejecución y se evita la duplicidad de esfuerzos.
- Mejora continua: Es una herramienta dinámica que puede actualizarse para incorporar mejoras o cambios en los procesos.

A continuación, se presenta el manual de procedimientos para la fabricación de sondas.

Introducción

Este Manual de Procedimientos tiene como finalidad establecer las directrices técnicas y operativas para el ensamblaje, calibración, prueba y mantenimiento de sondas de humedad capacitivas fabricadas por Dynagro. El objetivo principal es estandarizar los procesos para garantizar la calidad del producto, la trazabilidad de su fabricación y facilitar la inducción del personal técnico.

Este documento es de uso obligatorio para todo el personal del área de producción y soporte técnico de Dynagro.

Objetivos

- Asegurar la estandarización del ensamblaje de sondas.
- Disminuir errores y fallas mediante control de calidad.
- Facilitar la trazabilidad de la producción.
- Reducir los tiempos de capacitación de nuevos operarios.
- Establecer un marco claro de responsabilidades por etapa.

Alcance

Este manual aplica al proceso completo de ensamblaje de sondas de humedad de tipo capacitivo en Dynagro, desde la preparación de los componentes hasta la documentación de los resultados de prueba y el mantenimiento preventivo. No incluye procesos relacionados con la instalación en terreno ni la integración de sistemas.

Glosario

- **RS-485:** Protocolo de comunicación serial usado para transmitir datos.
- **SMD:** Dispositivo de Montaje Superficial.
- **Through-hole:** Componentes insertados en orificios de la placa.
- **Pasta térmica:** Compuesto que mejora la disipación de calor.
- **Cautín:** Herramienta de soldadura manual para componentes electrónicos.
- **Multímetro:** Instrumento de medición utilizado para verificar voltaje, resistencia y continuidad eléctrica.
- **PCB (Printed Circuit Board):** Placa base donde se montan los componentes electrónicos.

- **Termocontraíble:** Tubo plástico que se contrae al aplicar calor, utilizado para aislar cables.
- **Adhesivo industrial:** Sustancia resistente al agua y temperatura, utilizada para asegurar estructuras físicas.
- **Calibración:** Proceso de ajuste de un sensor para que sus lecturas correspondan a valores reales medidos.
- **Ficha técnica:** Documento que contiene la información de fabricación, pruebas y configuración de un sensor.

Materiales y Herramientas Requeridas

- Tubo PVC 20 mm y 50 mm
- Placas electrónicas preensambladas
- Sensores de humedad capacitivos
- Cautín de precisión / Estación de soldadura
- Multímetro digital
- Pistola de calor
- Alcohol isopropílico y paños
- Adhesivos industriales resistentes al agua
- Prensa para cables
- Terminales y conectores impermeables
- Tijeras de precisión
- Broca y taladro para perforar carcasas

Procedimiento de Ensamblaje

Preparación de Componentes

Antes de iniciar el ensamblaje, se debe realizar una inspección minuciosa de todos los componentes involucrados:

- **Placas electrónicas:** Revisar pistas cortadas, restos de soldadura o corrosión. Usar lupa si es necesario.
- **Sensores capacitivos:** Asegurar que no presenten fisuras ni deformaciones. Verificar terminales limpios.
- **Cables:** Comprobar continuidad eléctrica con multímetro. Verificar aislamiento.

- **Parámetros eléctricos:** Confirmar funcionamiento dentro del rango de 4.8V a 5V y resistencia mínima de 120Ω.
- **Limpieza:** Limpiar superficies con alcohol isopropílico y paños sin pelusa.

Ensamblaje de la Placa Electrónica

- **Montaje de SMD:** Usar pistola de calor a 400°C con flujo de aire bajo. Aplicar pasta de soldar previamente.
- **Montaje Through-hole:** Utilizar cautín a 350°C asegurando buena adherencia y sin excesos.
- **Pasta térmica:** Aplicar entre el sensor y la PCB para mejorar disipación de calor.
- **Verificación:** Realizar prueba de continuidad en todas las conexiones.

Montaje del Cuerpo del Sensor

- **Corte de tubo PVC:** Cortar a medida especificada en planos.
- **Inserción de la placa:** Colocar en el interior con soportes plásticos o impresos en 3D.
- **Fijación interna:** Aplicar adhesivo industrial resistente a humedad.
- **Perforación y conectores:** Realizar orificios para insertar y fijar conectores impermeables.

Conexión y Sellado

- **Colores de cableado:**
 - Rojo: +5V (alimentación)
 - Negro: GND (tierra)
 - Amarillo: RS-485 A (comunicación)
 - Verde: RS-485 B (comunicación)
- **Conexión:** Soldar cables en la placa asegurando polaridad y continuidad.
- **Sellado:** Cubrir uniones con termocontraíble y sellar con adhesivo industrial.

Calibración y Pruebas Finales

- **Prueba de humedad:** Sumergir sonda en diferentes niveles de agua y verificar lecturas.
- **Ajustes por software:** Recalibrar si las lecturas son inconsistentes.

- **Verificación mecánica:** Revisar que el sellado esté uniforme, sin burbujas ni fugas.
- **Registro:** Documentar número de serie, fecha, operario y resultados en sistema de trazabilidad.

Control de Calidad

Prueba	Objetivo
Verificación visual	Ensamblaje correcto y sin defectos visibles
Pruebas eléctricas	Verificar continuidad, voltaje y ausencia de cortocircuitos
Prueba de sellado	Asegurar resistencia al agua bajo presión ligera
Registro de defectos	Documentar fallas detectadas y acciones correctivas

Seguridad y Buenas Prácticas

- Uso obligatorio de guantes antiestáticos
- Gafas de seguridad al aplicar adhesivos
- Ventilación adecuada al trabajar con solventes
- Mantener herramientas limpias y ordenadas
- No manipular placas sin protección

Mantenimiento Preventivo

Elemento	Revisión
Conexiones eléctricas	Corrosión o falsos contactos
Aislamiento y sellado	Filtraciones o deterioro
Estado de la carcasa	Fisuras, rayaduras, daño estructural
Cableado	Cortes, desgaste, continuidad
Pruebas eléctricas	Verificación anual de resistencia y voltaje

Se recomienda recalibrar una vez al año y limpiar con alcohol isopropílico cada 6 meses.

Documentación y Registro

Cada sensor ensamblado debe tener un número de serie único y una ficha técnica asociada con:

- Fecha de ensamblaje
- Nombre del operario responsable
- Resultados de pruebas eléctricas, mecánicas y de calibración
- Observaciones y ajustes realizados

Conclusión

Al finalizar el proceso descrito en este manual, se obtiene una sonda de humedad capacitiva completamente ensamblada, calibrada y verificada bajo estrictos estándares de calidad. El producto final es un dispositivo robusto, resistente a condiciones ambientales adversas, con un sellado hermético y una precisión de lectura confiable.

Este procedimiento estandarizado no solo garantiza la uniformidad del producto entregado al cliente, sino que también permite la trazabilidad de su fabricación y facilita la mejora continua mediante el registro sistemático de datos.

La correcta aplicación de este manual permite a Dynagro asegurar productos de alto rendimiento y durabilidad, fundamentales para apoyar la agricultura de precisión y fortalecer la relación de confianza con sus clientes.

4.2.2.2 Implementación de Controles de Calidad

Control de Calidad

Con el fin de asegurar la estandarización del proceso productivo y garantizar la calidad de las sondas de humedad fabricadas por Dynagro, se ha diseñado un registro de control de calidad que debe ser aplicado a cada unidad antes de su despacho. Este documento permite verificar el cumplimiento de los parámetros definidos en cada una de las etapas críticas del proceso de fabricación, desde la recepción de materiales hasta la prueba funcional final del dispositivo.

El control se divide en cinco etapas:

1. Recepción de materiales: Verificación del estado físico del PVC y componentes electrónicos, y registro de lote para trazabilidad.
2. Soldadura y limpieza: Evaluación visual de soldaduras, limpieza en tina ultrasónica y prueba de continuidad electrónica.
3. Montaje físico: Revisión del ensamblaje del cuerpo del sensor, correcto posicionamiento del prensaestopas y firmeza del cableado.
4. Programación y calibración: Asignación de ID único, validación de lectura en prueba de agua y registro digital del proceso.
5. Prueba funcional final: Confirmación de transmisión de datos a la plataforma Dynagro, estabilidad de lectura y vinculación con el dispositivo lector.

Cada ítem se marca según su estado (conforme o no conforme), acompañado de observaciones en caso de desviaciones. Al finalizar el control, se emite un resultado general (aprobado o rechazado) y se determina la acción a seguir en caso de no conformidad (reparación menor, aislamiento para revisión o descarte).

El registro incluye un campo para observaciones generales y un apartado de validación con las firmas del técnico de ensamblaje, el encargado de calidad y, si corresponde, el responsable de despacho. Esto permite dejar constancia formal de la revisión y facilita la trazabilidad del dispositivo en caso de futuras fallas en terreno.

Ilustración 10: Criterios de calidad en el proceso de fabricación de sondas de Humedad

Criterios de Calidad en el Proceso de Fabricación de Sondas de Humedad - Dynagro			
	Verificar	Aceptar	Rechazar
1. Recepción de Materiales			
Verificación de que los materiales (PVC, componentes electrónicos, pegamentos, etc.) cumplen con las especificaciones técnicas requeridas.			
Control de calidad de los tubos de PVC (diámetro uniforme, sin grietas ni defectos visibles).			
Validación de lotes de placas electrónicas mediante pruebas de continuidad y resistencia.			
2. Ensamblaje Electrónico			
Soldadura de componentes: Uso de equipos calibrados y verificación visual de soldaduras limpias y sin exceso de material.			
Limpieza de placas: Uso de alcohol isopropílico en tina ultrasónica para eliminar residuos de soldadura.			
Pruebas funcionales: Verificación del correcto funcionamiento de los sensores capacitivos antes de integrarlos a la estructura.			
3. Ensamblaje del Cuerpo de la Sonda			
Corte de tubos de PVC: Dimensiones uniformes y sin bordes irregulares.			
Uso de pegamento PVC: Aplicación controlada para evitar fugas y asegurar el sellado hermético.			
Prensaestopas y tapas: Asegurar que el cierre sea resistente al agua y a factores ambientales.			
4. Programación y Configuración			
Asignación de ID único a cada sensor para trazabilidad y control de calidad.			
Calibración inicial: Configuración de los niveles de humedad en un entorno controlado con agua.			
Verificación de datos: Comunicación con la plataforma digital de Dynagro para validar la lectura correcta de los sensores.			
5. Pruebas de Funcionamiento			
Prueba en ambiente controlado: Se sumergen las sondas en distintos niveles de humedad para comprobar precisión de lectura.			
Simulación de condiciones reales: Evaluación en entornos con temperatura y humedad variables.			
Validación de resistencia mecánica: Pruebas de resistencia a impactos y manipulación en terreno.			
6. Empaque y Almacenamiento			
Verificación final: Inspección visual y funcional de cada sonda antes de ser empaquetada.			
Etiquetado: Código único de identificación y manual de instalación.			
Almacenamiento en condiciones controladas para evitar deterioro antes de la instalación.			
7. Instalación y Puesta en Marcha			
Capacitación al personal de instalación para asegurar una correcta manipulación.			
Validación en terreno: Comprobación de la transmisión de datos a la plataforma de monitoreo.			
Registro de cada instalación en la base de datos de Dynagro para seguimiento.			
Implementación y Monitoreo de Calidad			
Auditorías periódicas en cada etapa del proceso.			
Registro de fallas y retrabajos para análisis y mejora continua.			
Capacitación continua al personal en técnicas de fabricación y control de calidad			

Fuente: Elaboración Propia.

A continuación, se presenta una planilla para el registro de control de calidad

**REGISTRO DE CONTROL DE CALIDAD
SONDA DE HUMEDAD**

Datos de Identificación del Dispositivo

- ID único de la sonda: _____
- Fecha de fabricación: ____ / ____ / _____
- Lote de producción: _____
- Responsable del control de calidad: _____
- Versión de firmware (si aplica): _____
- Tipo de sensor (profundidad/canal): _____

Control por Etapas del Proceso Productivo

Etapa	Subproceso / Ítem	Estado	Observaciones Detalladas
1. Recepción materiales	Verificación del estado físico del PVC y componentes		
	Registro de lote de componentes electrónicos		
2. Soldadura y limpieza	Inspección visual de soldaduras		
	Limpieza en tina ultrasónica		
	Prueba de continuidad electrónica		
3. Montaje físico	Ensamblaje de tubo interior y exterior		
	Prensaestopas firmes y sellado completo		
	Ausencia de juego en cableado		

4. Programación y calibración	Programación de ID único y verificación	
	Lectura correcta en calibración con agua	
	Registro digital de calibración en sistema interno	
5. Prueba funcional final	Lectura enviada correctamente a plataforma Dynagro	
	Estabilidad de lectura en condiciones simuladas	
	Verificación de emparejamiento con Agronode / Gateway	

Resultado Final del Control

¿El sensor cumple con los estándares de calidad?

- Sí, aprobado para despacho**
- No, requiere retrabajo o descarte**

Tipo de acción en caso de rechazo:

- Reparación menor (en taller)**
- Reemplazo total**
- Aislamiento para revisión técnica**

Observaciones generales

(Ej.: fuga de resina en prensaestopas, lectura errática en prueba final, se calibra con 2% de error, se observó fisura en tapa, etc.)

Firmas de Validación

Técnico a cargo de ensamblaje: _____

Encargado de control de calidad: _____

Responsable de despacho (si aplica): _____

4.2.2.3 Monitoreo de Fallas y Optimización del Producto

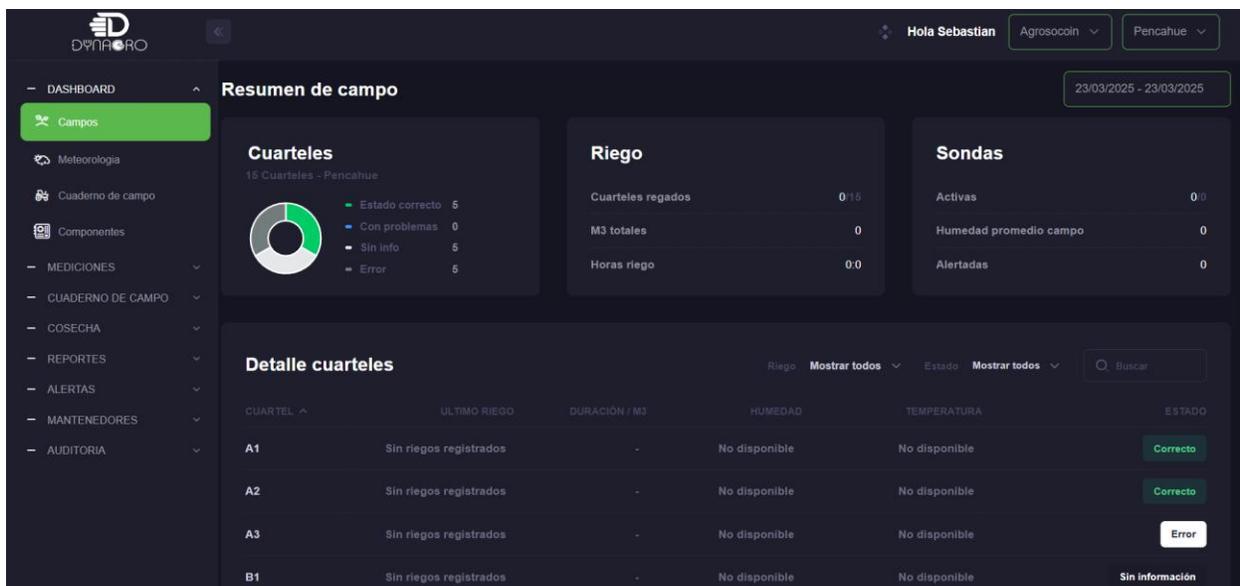
Para identificar fallas recurrentes en los sensores y reducir los costos de mantenimiento:

Se implementará un sistema de monitoreo de fallas que registre los errores detectados en cada dispositivo, su causa y las acciones correctivas aplicadas.

Se desarrollará una base de datos centralizada para analizar tendencias de fallas y tomar decisiones basadas en datos reales.

A continuación, se presenta el dashboard creado para entregar la información de las métricas de las sondas donde se detallan las sondas activas, las que están en falla y las que están en alerta.

Ilustración 11: Dashboard métricas de sondas de humedad.



Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 12: Listado de los campos y detalles de sensores

CUARTEL	ULTIMO RIEGO	DURACION / M3	HUMEDAD	TEMPERATURA	ESTADO
A1	Sin riegos registrados	-	No disponible	No disponible	Correcto
A2	Sin riegos registrados	-	No disponible	No disponible	Correcto
A3	Sin riegos registrados	-	No disponible	No disponible	Error
B1	Sin riegos registrados	-	No disponible	No disponible	Sin información
B2	Sin riegos registrados	-	No disponible	No disponible	Correcto
B3	Sin riegos registrados	-	No disponible	No disponible	Error
C1.1	Sin riegos registrados	-	No disponible	No disponible	Error
C1.2	Sin riegos registrados	-	No disponible	No disponible	Sin información
C1.3	Sin riegos registrados	-	No disponible	No disponible	Sin información
C1.4	Sin riegos registrados	-	No disponible	No disponible	Error

Fuente: Elaboración propia.

4.2.2.4 Capacitación del Personal

El equipo técnico debe contar con formación constante para garantizar que el ensamblaje y mantenimiento de los sensores se realice bajo los estándares de calidad definidos. En la siguiente Tabla se describen distintas actividades claves para tener certificados y reconocimiento de los trabajadores así asegurando la calidad y los estándares de los trabajadores.

Ilustración 13: Programa de capacitación tabla de requisitos.

Programa de Capacitación							
Necesidades de la Capacitación							
1-Seguridad 2-procedimiento de Revisión de Materiales 3-Implementar Programa de Capacitación Practica de reconocimiento de materiales 4-Evaluación y Reconocimiento 5-Retroalimentación y Mejora							
Implementación de las siguientes evaluaciones en seguridad							
		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Aprobados	Rechazados	Descripción del rechazo	Solución
1-Exámenes de ocupacionales				<input checked="" type="checkbox"/>			
2-Trabajo en altura practico y teorico					<input type="checkbox"/>	Reprueba prueba Trabajo en altura	Volver Capacitar trabajo en Altura
3-herramientas Puentes y electricas				<input checked="" type="checkbox"/>			
4-Uso y conocimiento EPP					<input type="checkbox"/>	No conoce los EPP	Instruir en uso de EPP
5-Plan de emergencia de la instalaciones				<input checked="" type="checkbox"/>			
Procedimiento de Revisión de materiales y Fabricación							
		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Aprobados	Rechazados	Descripción del rechazo	Solución
1-Recepción de Materiales				<input checked="" type="checkbox"/>			
2-Prueba de placa electronica				<input checked="" type="checkbox"/>			
3-Ensamblaje del cuerpo de la sonda				<input checked="" type="checkbox"/>			
4-Prueba de la sonda				<input checked="" type="checkbox"/>			
5-Calibración de la sonda y configuración				<input checked="" type="checkbox"/>			
6-Pruebas finales de funcionalidad y Validación				<input checked="" type="checkbox"/>			
7-Enpaque y Almacenamiento				<input checked="" type="checkbox"/>			
Implementar Programa de Capacitación Practica de reconocimiento de materiales							
		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Aprobados	Rechazados	Descripción del rechazo	Solución
Placas electrónicas.				<input checked="" type="checkbox"/>			
Chips programables con ID único.				<input checked="" type="checkbox"/>			
Sensores capacitivos de humedad.				<input checked="" type="checkbox"/>			
Tubo de PVC de 20 mm (estructura interna).				<input checked="" type="checkbox"/>			
Tubo de PVC de 50 mm (protección externa).				<input checked="" type="checkbox"/>			
Pegamento PVC para ensamblaje.				<input checked="" type="checkbox"/>			
Tapas y prensaestopas para el cableado.				<input checked="" type="checkbox"/>			
Soldadura manual de componentes electrónicos.				<input checked="" type="checkbox"/>			
Alcohol isopropilico para limpieza (utilizado con una tina ultrasónica).				<input checked="" type="checkbox"/>			
Agua para la configuración de los niveles de humedad máxima.				<input checked="" type="checkbox"/>			

Fuente: Elaboración Propia.

A continuación, se explica la primera parte del programa de aseguramiento de calidad del personal de la empresa Dynagro realizando exámenes ocupacionales para mantener el control de salud de cada trabajador. También, se induce a un trabajo de altura enseñando teoría y normas para el correcto trabajo en altura, se realizará inducción de herramientas eléctricas y de puentes si ser necesario en terreno, se realizará inducción de uso correcto de los EPP (Equipo de Protección Personal) para la seguridad en el trabajo y del personal, se informará de los planes de emergencia en caso sobre algún acontecimiento en las instalaciones de fabricación.

Ilustración 14: Evaluación en seguridad.

Implementación de las siguientes evaluaciones en seguridad							
		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Aprobados	Rechazados	Descripción del rechazo	Solución
1-Exámenes de ocupacionales		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			
2-Trabajo en altura practico y teorico				<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Reprueba prueba Trabajo en altura	Volver Capacitar trabajo en Altura
3-herramientas Puentes y electricas		<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>			
4-Uso y conocimiento EPP				<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	No conoce los EPP	Instruir en uso de EPP
5-Plan de emergencia de la instalaciones		<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>			

Fuente: Elaboración propia

En el siguiente ítem se realiza el procedimiento de control de calidad evaluando 7 puntos de conocimientos para las principales materias primas en la fabricación de sondas de humedad, en esta etapa el trabajador se capacitará para la revisión de las materias primas como también, se capacitará para los procedimientos de prueba de placas electrónicas para las sondas de humedad, se tendrá que realizar un reconocimiento a las partes de cada ensamblaje de la sonda de humedad, se realizarán pruebas en la sonda de humedad, se capacitará en la calibración y programación del producto, se realizarán las pruebas finales para asegurar la calidad de la sonda de humedad y por último, se necesitará una inducción en el correcto empaque y almacenamiento del producto.

Ilustración 15: Listado de revisión de materiales y fabricación

Procedimiento de Revisión de materiales y Fabricación							
		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Aprobados	Rechazados	Descripción del rechazo	Solución
1-Recepción de Materiales		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			
2-Prueba de placa electronica		<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>			
3-Ensamblaje del cuerpo de la sonda		<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>			
4-Prueba de la sonda		<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>			
5-Calibración de la sonda y configuración		<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>			
6-Pruebas finales de funcionalidad y Validación		<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>			
7-Enpaque y Almacenamiento		<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>			

Fuente: Elaboración Propia

En esta última etapa del plan de capacitación de los trabajadores se realizará un reconocimiento de cada parte de del proceso de fabricación y producto final para obtener un producto sin fallas de una calidad asegurada ya que, el trabajador tendrá un nivel mayor de conocimiento en base a la ingeniería necesaria para poder ejercer esta etapa final que consta de varios puntos detallados en el siguiente ítem.

Ilustración 16: Listado de reconocimiento de materiales.

Implementar Programa de Capacitación Práctica de reconocimiento de materiales

		✔	❑	Aprobados	Rechazados	Descripción del rechazo	Solución
Placas electrónicas.		✔		✔			
Chips programables con ID único.		✔		✔			
Sensores capacitivos de humedad.		✔		✔			
Tubo de PVC de 20 mm (estructura interna).		✔		✔			
Tubo de PVC de 50 mm (protección externa).		✔		✔			
Pegamento PVC para ensamblaje.		✔		✔			
Tapas y prensaestopas para el cableado.		✔		✔			
Soldadura manual de componentes electrónicos.		✔		✔			
Alcohol isopropílico para limpieza (utilizado con una tina ultrasónica).		✔		✔			
Agua para la configuración de los niveles de humedad máxima.		✔		✔			

Fuente: Elaboración Propia

A continuación, se elabora una prueba de conocimientos para poder certificar a los trabajadores con los conocimientos claves para el desarrollo clave que es fabricar con calidad la sonda de humedad de la empresa Dynagro así poder tener un producto sin falla.



Prueba de Verdadero y Falso – Dynagro

Porcentaje de Aprobación 75%

Nombre del Trabajador:

Instrucciones: Responde **V** si la afirmación es verdadera y **F** si es falsa.

Sección 1: Proceso de Fabricación de Sondas

1. ___ La fabricación de las sondas de humedad en Dynagro se realiza completamente de manera automatizada.
2. ___ Los tubos de PVC utilizados en la fabricación de las sondas tienen dos diámetros diferentes.
3. ___ Cada sensor tiene un ID único asignado durante el proceso de programación.
4. ___ La limpieza de las placas electrónicas se realiza con agua corriente.
5. ___ El pegamento utilizado en la fabricación es específicamente pegamento para PVC.

Sección 2: Fallas y Mantenimiento

6. ___ La principal causa de fallas en las sondas de humedad es la falta de calibración y problemas de sellado.
7. ___ Actualmente, Dynagro cuenta con un equipo exclusivo para realizar reparaciones de sondas en terreno.
8. ___ La reparación de sensores incluye la calibración y verificación de su correcto funcionamiento antes de reinstalarlos.
9. ___ El monitoreo en tiempo real de las sondas permite detectar fallas automáticamente.
10. ___ Todos los sensores de humedad de Dynagro tienen la misma duración de vida útil sin importar el entorno en el que se instalen.

Firma del Trabajador

Firma del evaluador

Fuente: Elaboración Propia.

Una vez realizada la capacitación se aprobará con un 75% de aceraciones, el trabajador pasará a ser parte del personal certificado y calificado para control de fabricación, calidad y para el mantenimiento de las sondas de humedad recibiendo un diploma que reconoce su esfuerzo y dedicación en este proceso.

4.2.2.5 Optimización de Recursos Humanos y Materiales

Para mejorar la eficiencia operativa de la empresa Dynagro y evitar la sobrecarga de trabajo en los equipos técnicos, se proponen tres líneas de acción complementarias: la redistribución de tareas en producción, la automatización de reportes y la planificación de la producción con indicadores de productividad. Estas medidas buscan optimizar la utilización de los recursos humanos y materiales disponibles, aumentar la eficiencia del proceso productivo y mejorar la calidad de atención frente a fallas técnicas.

4.2.2.6 Redistribución de Tareas en Producción

Como primera medida, se definirá y documentará los roles y funciones específicas del personal involucrado en la fabricación de sondas. Esta definición permitirá evitar la duplicación de funciones y reducir los tiempos de espera derivados de interrupciones en la línea productiva. Las funciones de ensamblaje, calibración y soporte técnico serán separadas, permitiendo una mayor especialización y continuidad en cada una de las etapas del proceso. Asimismo, se conformará un equipo técnico exclusivo para la atención de fallas y la ejecución de tareas de mantenimiento preventivo, lo que liberará al personal de producción de esta carga adicional y mejorará los tiempos de respuesta frente a problemas en terreno.

Como parte de estas acciones, se elaborará un manual de roles y responsabilidades del área de producción y un organigrama operativo actualizado. Estos instrumentos facilitarán la gestión diaria del equipo y permitirán medir el impacto de los cambios a través de indicadores como la reducción de interrupciones en la producción y el aumento del tiempo medio entre fallas (MTBF).

A continuación, se presenta el manual de roles y responsabilidades del área de producción seguido del organigrama

Este manual tiene como objetivo definir y documentar las funciones específicas de cada cargo involucrado en el proceso de producción de sondas de humedad, con el fin de asegurar la eficiencia operativa, evitar la duplicidad de tareas y facilitar la coordinación del equipo.

Estructura Organizacional

El equipo de producción se organiza de forma funcional, con roles definidos por etapa del proceso. La jerarquía parte del Coordinador de Producción, quien coordina las tareas operativas y el enlace con otras áreas. A continuación se describen los roles operativos.

1. Coordinador de Producción

Objetivo del cargo: Coordinar la planificación y ejecución de las actividades de producción, asegurando el cumplimiento de plazos, calidad y eficiencia operativa.

Responsabilidades:

- Planificación: Supervisar y planificar el flujo de trabajo diario, distribuyendo las tareas según la carga operativa y los plazos comprometidos.
- Coordinación: Coordinar con las áreas de logística, mantenimiento y soporte técnico para asegurar el abastecimiento de insumos y el cumplimiento de entregas.
- Seguimiento: Controlar el cumplimiento de los cronogramas de fabricación mediante revisión de avances diarios y ajustes necesarios.
- Validación: Validar los reportes de producción y calidad antes de enviar información consolidada a gerencia.

Competencias requeridas: Liderazgo, planificación, conocimiento en procesos industriales, habilidades interpersonales.

Indicadores de desempeño: Cumplimiento del cronograma de producción, reducción de interrupciones, eficiencia de flujo operativo.

Herramientas utilizadas: Hojas de control de producción, software de planificación (Ej. Trello, Gantt), Excel.

Relaciones internas: Reporta a Gerencia de Operaciones. Coordina con logística, soporte técnico y calidad.

2. Técnico de Ensamblaje Electrónico

Objetivo del cargo: Ejecutar el ensamblaje de componentes electrónicos asegurando la integridad eléctrica y funcional de cada placa.

Responsabilidades:

- Ensamblaje: Realizar el montaje y soldadura de componentes en las placas electrónicas.
- Limpieza: Limpiar las placas con alcohol isopropílico utilizando tina ultrasónica.
- Verificación: Verificar conexiones eléctricas, continuidad y posibles cortocircuitos.
- Reporte: Reportar anomalías al Coordinador de Producción.

Competencias requeridas: Lectura de planos, soldadura fina, precisión manual.

Indicadores de desempeño: Tasa de placas funcionales al primer intento, tiempo promedio por placa, errores detectados en control de calidad.

Herramientas utilizadas: Estación de soldadura, multímetro, tina ultrasónica.

Relaciones internas: Reporta al Coordinador. Coordina con Técnico de Calibración y Control de Calidad.

3. Técnico de Calibración

Objetivo del cargo: Calibrar las sondas electrónicas bajo condiciones controladas garantizando precisión en la medición de humedad.

Responsabilidades:

- Calibración: Ejecutar la calibración con soluciones de referencia.
- Validación: Comparar lecturas contra valores patrón y registrar datos.
- Configuración: Asignar parámetros en el sistema digital.
- Documentación: Registrar resultados en hoja de control de calidad.

Competencias requeridas: Metrología básica, precisión, manejo de software de sensores.

Indicadores de desempeño: % de calibraciones aceptadas, tiempo promedio de calibración.

Herramientas utilizadas: Plataforma digital, sistema de testeo, solución patrón.

Relaciones internas: Reporta al Coordinador. Trabaja en conjunto con Control de Calidad.

4. Operario de Ensamblaje Físico

Objetivo del cargo: Ensamblar físicamente las sondas asegurando su protección, estructura y funcionalidad mecánica.

Responsabilidades:

- Montaje físico: Cortar y ensamblar estructuras de PVC.
- Integración: Insertar las placas sin dañar componentes.
- Sellado: Aplicar adhesivos y asegurarse de la hermeticidad.
- Preparación final: Entregar la sonda armada para calibración.

Competencias requeridas: Habilidad manual, precisión, conocimiento en materiales.

Indicadores de desempeño: Tasa de unidades sin fallas mecánicas, tiempos de ensamblaje.

Herramientas utilizadas: Herramientas de corte, pegamento PVC, sellador.

Relaciones internas: Reporta al Coordinador. Coordina con Técnico de Calibración.

5. Técnico de Soporte en Fábrica - "Mecánico de Fallas"

Objetivo del cargo: Diagnosticar y reparar dispositivos fallidos devolviéndolos a condiciones óptimas de operación.

Responsabilidades:

- Diagnóstico: Detectar causas de fallas técnicas.
- Reparación: Realizar correcciones menores en placas y conexiones.
- Verificación: Probar el sensor reparado antes de liberarlo.
- Coordinación: Validar con el Inspector de Calidad.

Competencias requeridas: Diagnóstico electrónico, atención al detalle.

Indicadores de desempeño: Tiempo promedio por reparación, % de éxito en revalidación.

Herramientas utilizadas: Estación de reparación, software de diagnóstico.

Relaciones internas: Reporta al Coordinador. Coordina con Control de Calidad.

6. Inspector de Calidad - "Guardian de Estándares"

Objetivo del cargo: Verificar la calidad en cada etapa del proceso, asegurando el cumplimiento de estándares técnicos definidos.

Responsabilidades:

- Inspección: Aplicar checklist en las fases críticas del proceso.
- Verificación: Comprobar estándares técnicos y operativos.
- Registro: Documentar no conformidades.
- Trazabilidad: Registrar ID, operador y resultados de pruebas.

Competencias requeridas: Enfoque en calidad, manejo de procedimientos, conocimiento técnico del producto.

Indicadores de desempeño: % de productos conforme, reducción de fallas post-entrega.

Herramientas utilizadas: Checklists, planillas digitales, herramientas de medición.

Relaciones internas: Reporta al Coordinador. Interactúa con todos los cargos operativos.

7. Auxiliar de Producción

Objetivo del cargo: Apoyar operativamente en tareas de abastecimiento, orden, limpieza y soporte básico dentro del taller.

Responsabilidades:

- Apoyo logístico: Trasladar materiales entre estaciones.
- Preparación: Ordenar insumos por orden de producción.
- Asistencia operativa: Apoyar en tareas simples de producción.
- Abastecimiento: Mantener estaciones abastecidas.

Competencias requeridas: Proactividad, orden, responsabilidad.

Indicadores de desempeño: Tiempo de respuesta ante solicitudes, % de estaciones abastecidas correctamente.

Herramientas utilizadas: Carros de transporte, insumos, fichas de orden.

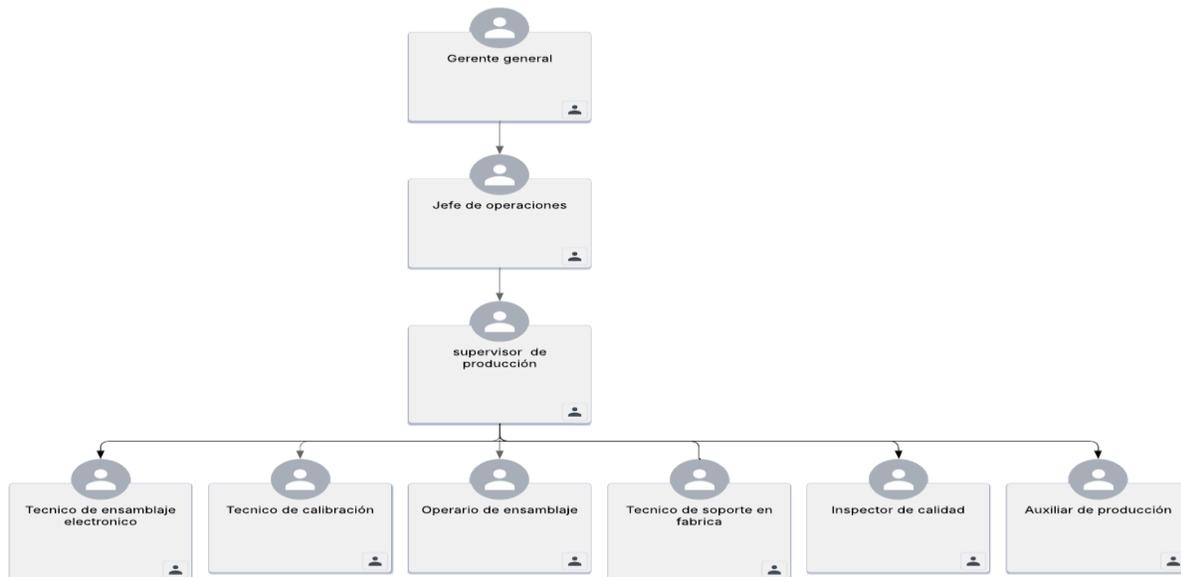
Relaciones internas: Reporta al Coordinador. Apoya a todos los técnicos y operarios.

Actualización del Manual

Este documento será revisado y actualizado cada 6 meses o cuando se introduzcan cambios relevantes en los procesos o en la estructura del equipo.

Todos los integrantes del área de producción deberán conocer y aplicar estas definiciones para mantener una operación eficiente y ordenada.

Ilustración 18: Jerarquía empresa Dynagro.



Fuente: elaboración Propia

Descripción Jerárquica:

- Gerencia de Operaciones: Nivel directivo responsable de definir objetivos generales, presupuestos y metas operativas.
- Supervisor de Producción: Encargado de planificar, supervisar y coordinar todas las actividades operativas de la producción. Actúa como puente entre la gerencia y el equipo técnico.
- Cargos técnicos y operativos: Ejecutan tareas especializadas según su área: ensamble electrónico, calibración, ensamble físico, control de calidad, soporte técnico y asistencia general

Observaciones:

- El Coordinador centraliza la gestión operativa y asegura la articulación entre los distintos técnicos.
- Todos los roles se reportan directamente al Coordinador de Producción.
- La estructura permite trazabilidad, especialización y mejora continua.

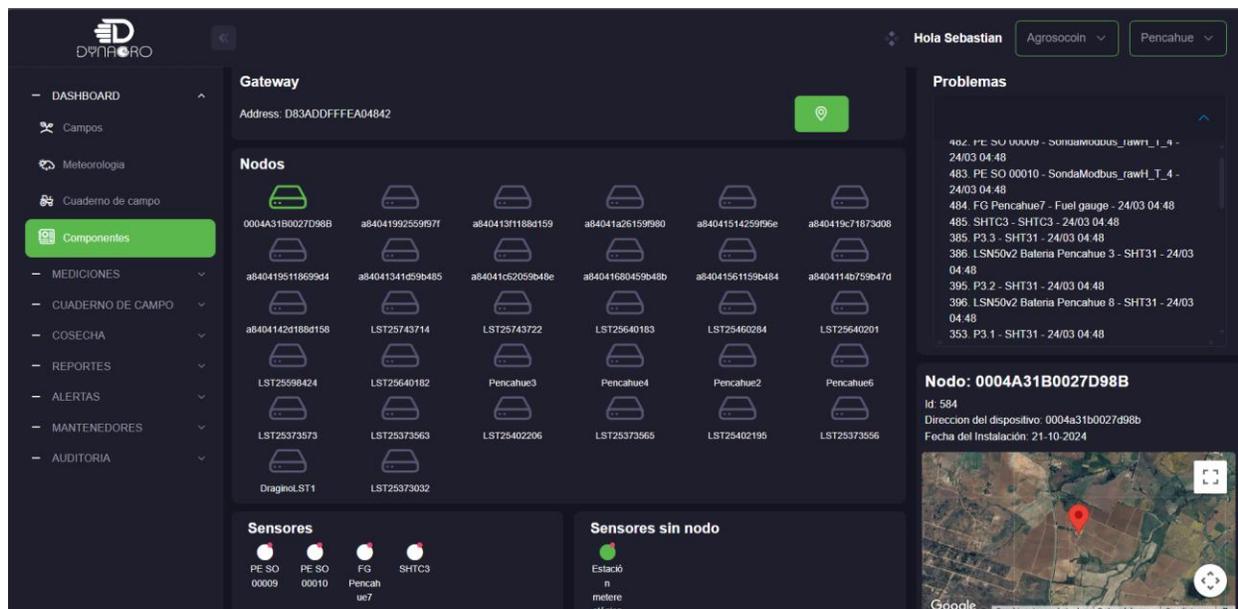
Este organigrama se actualizará cuando se incorporen nuevos cargos, se redefinan funciones o se amplíe la capacidad operativa del área.

Automatización de Reportes y Tareas

La segunda línea de acción consistirá en la implementación de un sistema digital para el registro de tareas y el monitoreo de avances en tiempo real. Este sistema permitirá documentar cada una de las actividades de fabricación, instalación y soporte, facilitando la trazabilidad de los dispositivos y mejorando la planificación operativa. Además, se integrarán alertas automáticas para el mantenimiento programado y la atención de tickets de soporte, lo que permitirá una respuesta más rápida y coordinada ante fallas.

La implementación del sistema contempla la puesta en marcha de una plataforma de gestión digital, la capacitación del personal en su uso y la generación de dashboards que permitan visualizar los datos de producción y mantenimiento de forma gráfica. Estos elementos se consolidarán como herramientas fundamentales para la toma de decisiones y el control de gestión. Como indicadores, se utilizará el tiempo promedio de respuesta ante fallas y el porcentaje de tareas registradas digitalmente, con la meta de alcanzar niveles superiores al 95%.

Ilustración 19: Dashboard componentes



Fuente: Elaboración propia página web de Dynagro

Esta visualización resume gráficamente el estado general de los dispositivos instalados por Dynagro en terreno. Se muestran métricas clave como número de sensores activos, dispositivos en espera de mantenimiento, y cobertura por ubicación. Este dashboard permite una supervisión en tiempo real y facilita la toma de decisiones operativas inmediatas, al identificar áreas críticas que requieren atención.

Ilustración 20: Dashboard sensores.

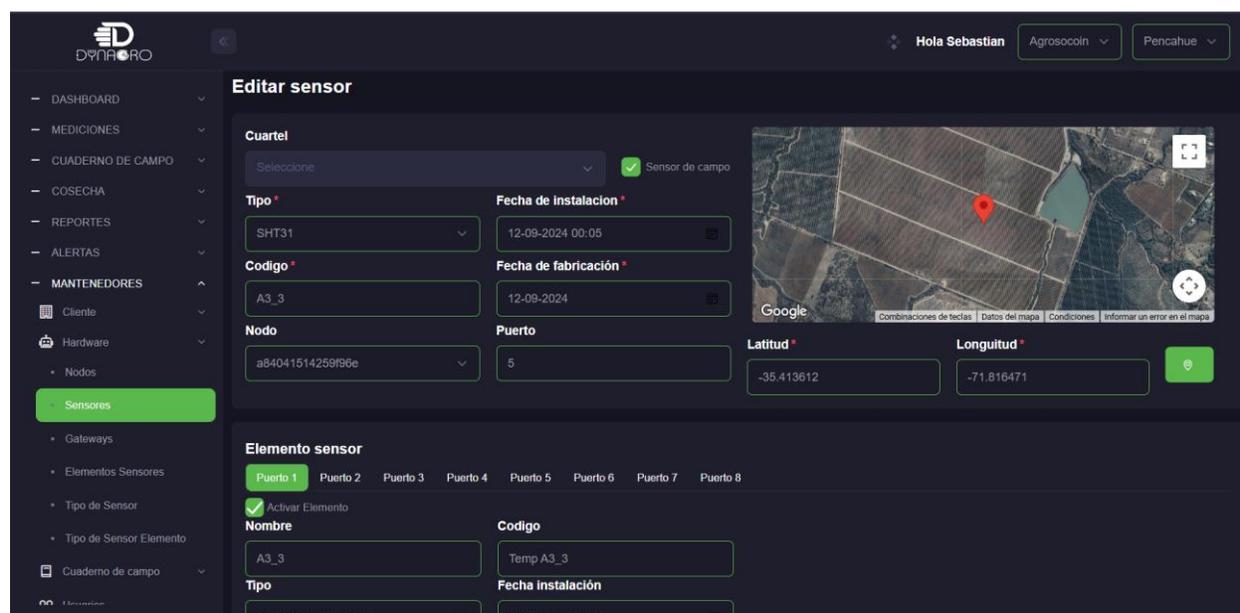
The screenshot shows the 'Sensores' dashboard in the Dynagro system. The interface is dark-themed. On the left is a sidebar menu with categories like 'DASHBOARD', 'MANTENEDORES', and 'Cuaderno de campo'. The 'Sensores' option is highlighted. At the top right, there's a user profile for 'Hola Sebastian' and location filters for 'Agrosocoin' and 'Pencahue'. The main area features a search bar and a table with columns: 'Id', 'Nombre', 'Tipo', 'Fecha de instalación', and 'Acciones'. Each row represents a sensor with its unique ID, name, type (SHT31), installation date, and 'Editar'/'Clonar' buttons.

Id	Nombre	Tipo	Fecha de instalación	Acciones
617	LSN50v2 Bateria Pencahue n2	SHT31	12/09/2024 00:09:00	Editar Clonar
616	B3_4	SHT31	12/09/2024 00:09:00	Editar Clonar
615	LSN50v2 Bateria Pencahue n2	SHT31	12/09/2024 00:08:00	Editar Clonar
614	B3_3	SHT31	12/09/2024 00:08:00	Editar Clonar
613	LSN50v2 Bateria Pencahue n4	SHT31	12/09/2024 00:07:00	Editar Clonar
612	A3_4	SHT31	12/09/2024 00:07:00	Editar Clonar
611	LSN50v2 Bateria Pencahue n4	SHT31	12/09/2024 00:05:00	Editar Clonar
610	A3_3	SHT31	12/09/2024 00:05:00	Editar Clonar

Fuente: Elaboración propia página web de Dynagro

En esta vista se presenta el inventario digital de sensores, incluyendo detalles como el ID único de cada unidad, fecha de instalación, cliente asignado y estado operativo

Ilustración 21: Vista sensores



Fuente: Elaboración propia página web de Dynagro

Esta interfaz permite visualizar y configurar individualmente cada sensor, mostrando información como nivel de señal, última transmisión, estado de batería y posibles alertas. También ofrece acceso a parámetros técnicos que pueden ser ajustados remotamente. Este nivel de control mejora considerablemente la eficiencia del soporte y reduce la necesidad de intervenciones presenciales.

4.2.3 Check (Verificar)

La etapa Check tiene como propósito evaluar y medir los resultados obtenidos tras la implementación de las mejoras planificadas y ejecutadas. En esta etapa se comparará el desempeño actual con los objetivos definidos, utilizando herramientas de análisis que permitan identificar avances, desviaciones o áreas que aún requieren ajustes.

En esta fase, se aplicarán indicadores clave de desempeño (KPIs) para monitorear aspectos técnicos, operativos y organizacionales. Estos KPIs serán presentados y gestionados a través de Power BI, lo que permitirá una visualización dinámica y detallada del comportamiento de los procesos en tiempo real o en intervalos definidos.

El análisis se centrará en responder preguntas como:

- ¿Las acciones implementadas resolvieron las problemáticas detectadas?
- ¿Se cumplieron los objetivos definidos en la etapa de planificación?
- ¿Qué áreas muestran mejoras tangibles y cuáles requieren ajustes adicionales?

Entre los aspectos que se evaluarán están la reducción de fallas, la mejora en los tiempos de respuesta, la eficiencia del personal técnico, la calidad del producto final y la disponibilidad de infraestructura.

La información obtenida en esta fase permitirá tomar decisiones informadas para consolidar las mejoras o para retornar a la etapa de planificación en caso de ser necesario. El objetivo es asegurar la mejora continua y la sostenibilidad de los procesos implementados.

Tabla 11: Indicadores propuestos

Grupo de Mejora	KPI	Unidad / Métrica	Objetivo
Estandarización y procesos	% de procesos documentados y aplicados	Porcentaje	Asegurar la aplicación de los manuales y protocolos
	% de errores por incumplimiento de procedimientos	Porcentaje	Detectar fallas por falta de estandarización
Tecnología digitalización y	Nivel de automatización implementada	% de tareas automatizadas	Medir avances en modernización tecnológica

		Tiempo promedio de ingreso de datos al sistema	Minutos	Ver eficiencia en la digitalización operativa
Capacitación y competencias		% de personal capacitado en nuevos procedimientos	Porcentaje	Asegurar cobertura total de formación técnica
		Errores técnicos post-capacitación	Nº de errores / mes	Evaluar efectividad de la capacitación
Gestión del mantenimiento		Frecuencia de fallas por equipo / sensor	Nº de fallas / mes	Medir confiabilidad operativa
		Tiempo promedio de reparación	Horas	Optimizar respuesta técnica ante fallas
		% de cumplimiento del plan de mantenimiento preventivo	Porcentaje	Medir disciplina operativa
Talento y recursos humanos		Índice de productividad por técnico	Nº de tareas cumplidas / semana	Evaluar eficiencia individual o por equipo
		Asistencia / puntualidad operativa	% de cumplimiento	Medir compromiso del equipo
Infraestructura y soporte operativo		% de estaciones adecuadas según estándar	Porcentaje	Asegurar condiciones óptimas de trabajo
		Tiempo de inactividad por fallas de infraestructura	Horas / mes	Detectar cuellos de botella operativos
Logística y gestión operativa		% de entregas realizadas dentro del plazo	Porcentaje	Medir eficiencia logística
		Tiempo promedio de entrega de sensores	Días	Reducir demoras operativas
		Nº de sensores obsoletos o fuera de estándar	Unidades	Controlar pérdidas y mermas

Fuente: Elaboración propia.

4.2.4 Act (Actuar)

La etapa Actuar representa el cierre del primer ciclo de mejora continua y el punto de partida para nuevas iteraciones. En esta fase, se analizan los resultados obtenidos en la etapa de Verificar, y con base en dicha información se definen las acciones correctivas, ajustes o formalizaciones que deben realizarse para consolidar las mejoras implementadas en Dynagro.

En caso de que los indicadores muestren desviaciones importantes respecto a los objetivos definidos, se procederá a revisar los procedimientos aplicados, identificar las causas raíz de los problemas y redefinir las estrategias necesarias para corregirlos. Esto puede implicar la actualización de protocolos, la mejora en la formación del personal, o la revisión de las herramientas utilizadas.

Por otro lado, si los resultados reflejan un impacto positivo y sostenido, las acciones implementadas deberán ser formalizadas y convertidas en parte permanente de los procesos internos. Esto incluye documentar las buenas prácticas, establecer rutinas operativas normalizadas y asignar responsables para el mantenimiento de los estándares alcanzados.

Además, se establece un mecanismo de evaluación periódica:

- El equipo de Desarrollo, Soporte Técnico y Gerente realizará reuniones mensuales de revisión del cumplimiento de los KPIs definidos en Power BI.
- Luego de un semestre de operación, se realizará un análisis consolidado para tomar decisiones más profundas sobre la continuidad o ajuste de las medidas aplicadas.

La clave de esta etapa es mantener el compromiso con la mejora continua. Toda nueva falla, desviación o problema identificado será abordado reiniciando el ciclo PDCA, con una nueva planificación y ejecución iterativa de mejoras.

Finalmente, para reforzar la cultura de calidad y orden en terreno, se promoverá el uso de herramientas visuales como etiquetas, señalización y estandarización visual de procesos, facilitando la comprensión y cumplimiento de los procedimientos por parte del equipo técnico.

CAPÍTULO 5: ANÁLISIS COSTO/BENEFICIO

En este capítulo se analizarán los costos y beneficios asociados a la fabricación y mantenimiento de la Sonda de Humedad de Dynagro. Este análisis busca cuantificar el impacto económico de las mejoras implementadas en los procesos de producción, control de calidad y capacitación del personal, con el fin de optimizar recursos y reducir costos asociados a fallas.

Para ello, se ha realizado una recopilación de datos históricos de Dynagro, evaluando costos anuales desde la implementación de la sonda y centrándonos en el año 2024, ya que en los años anteriores la empresa estuvo en fase de puesta en marcha. Se compararon los costos actuales con los costos proyectados tras la implementación de las mejoras.

Además, se incluirá un cronograma de implementación de las mejoras con una carta Gantt para visualizar los tiempos estimados en los que se espera recuperar la inversión y obtener beneficios económicos y operativos.

5.1 Costos Actuales Asociados a la Fabricación y Mantenimiento

Antes de implementar mejoras, Dynagro ha enfrentado costos elevados debido a fallas en las sondas, falta de estandarización en la fabricación y deficiencias en el control de calidad. Según los datos analizados en el capítulo 3.10.1, los costos más relevantes son:

Por concepto de reparaciones: \$6.545.420

Por concepto de cambios de sensores: \$54.210.072

Total, aproximado de costos asociados a fallas en el año 2024: \$60.000.000

Fuente: Elaboración propia con información de la empresa Dynagro

Estos costos reflejan la necesidad de implementar procesos de mejora que reduzcan el índice de fallas, optimicen la fabricación y mejoren la calidad del producto final.

5.2 Costos de Implementación de Mejoras

Para reducir los costos anteriormente mencionados, se han identificado cuatro áreas clave de mejora, cuyos costos han sido calculados en base a la cantidad de horas hombre necesarias para cada tarea, el tipo de personal involucrado (ingenieros, técnicos y ayudantes), y la aplicación de márgenes de costos laborales y de materiales. Además, se ha considerado la adquisición de instrumentación necesaria para mejorar el proceso de construcción de las sondas, incluyendo equipos de medición, soldadura e instrumentación especializada. Estos equipos permitirán optimizar el control de calidad, la precisión en los ensambles y la calibración de las sondas, reduciendo el margen de error en el proceso de fabricación.

Para facilitar el análisis de costos, se han dividido en dos categorías:

- Costos de Mano de Obra (H.H): Incluyen las horas hombre necesarias para la capacitación, implementación y pruebas.
- Costos de Materiales y Equipos: Comprenden la adquisición de la instrumentación requerida para mejorar el proceso productivo, tales como osciloscopios, multímetros, estaciones de soldadura y bancos de prueba.

5.2.1 Costos de Horas Hombre

Para reducir los costos anteriormente mencionados, se han identificado cuatro áreas clave de mejora, cuyos costos han sido calculados en base a la cantidad de horas hombre necesarias para cada tarea, el tipo de personal involucrado (ingenieros, técnicos y ayudantes), y la aplicación de márgenes de costos laborales y de materiales. A continuación, se presentan los costos estimados:

Tabla 12: Costos H.H. implementación de cambios

Tareas	H.H	Ingeniero	Técnico	Ayudante	Costo tarea	Valor tarea UF	Valor tarea CLP
Capacitación del personal en electrónica y programación avanzada	49	1	0	1	73.5	147.0	\$5,586,000
Elaboración e implementación del proceso de construcción de la sonda de humedad	49	1	1	1	107.8	215.6	\$8,192,800
Implementación en terreno y pruebas finales de la nueva ingeniería aplicada	35	0	1	1	42.0	84.0	\$3,192,000
Implementación de protocolos de calidad y certificaciones	21	0	1	1	25.2	50.4	\$1,915,200

H.ingeniero	1
H.técnico	0.7
H. Ayudante	0.5
Margen horas	30%
Margen materiales	30%
Valor UF	\$38,000
Valor USD	\$962

Fuente: Elaboración propia con información de la empresa Dynagro

5.2.2 Costos de materiales y equipos

Para garantizar la implementación de las mejoras en el proceso productivo, se ha considerado la inversión en equipos e insumos esenciales que permitan aumentar la precisión de las mediciones, mejorar los ensambles y garantizar la calidad del producto final. Estos costos incluyen la adquisición de instrumentación avanzada como osciloscopios, multímetros, estaciones de soldadura y bancos de prueba.

Tabla 13: Costos materiales

Procedencia	Material	Cantidad	Precio compra con IVA	Precio compra sin IVA	Envío	Impuestos de importación	Precio venta sin IVA	Precio de venta UF	Total	Total UF
Internacional	Banco de pruebas electronica	1	\$680,000	\$680,000	\$100,000	\$46,800	\$1,181,143	31.08	\$1,181,143	31.08
Internacional	Osciloscopio Digital TENMA 72-2580	1	\$720,000	\$720,000	\$70,000	\$47,400	\$1,196,286	31.48	\$1,196,286	31.48
Internacional	Siglent Multmetro Digital SDM3045X	1	\$600,000	\$600,000	\$70,000	\$40,200	\$1,014,571	26.70	\$1,014,571	26.70
Nacional	Contador y Generador de Funciones AFG31000	1	\$580,000	\$487,395	\$0	\$0	\$696,279	18.32	\$696,279	18.32
Nacional	Insumos	1	\$300,000	\$252,101	\$0	\$0	\$360,144	9.48	\$360,144	9.48

Fuente: Elaboración propia con información de la empresa Dynagro

5.3.3 Presupuesto total costos

Tabla 14: Presupuesto implementación de mejoras

Mano de Obra			
Item	Cantidad	Precio	Total
Capacitación del personal en electrónica y programación avanzada	1	\$5,586,000	\$5,586,000
Elaboración e implementación del proceso de construcción de la sonda de humedad	1	\$8,192,800	\$8,192,800
Implementación en terreno y pruebas finales de la nueva ingeniería aplicada	1	\$3,192,000	\$3,192,000
Implementación de protocolos de calidad y certificaciones	1	\$1,915,200	\$1,915,200

Materiales			
Item	Cantidad	Precio UF	Total
Banco de pruebas electronica	1	\$1,181,143	\$1,181,143
Osciloscopio Digital TENMA 72-2580	1	\$1,196,286	\$1,196,286
Siglent Multimetro Digital SDM3045X	1	\$1,014,571	\$1,014,571
Contador y Generador de Funciones AFG31000	1	\$696,279	\$696,279
Insumos	1	\$360,144	\$360,144

Subtotal	\$23,334,423
IVA	\$4,433,540
Total	\$27,767,963

Presupuesto de servicios - Dynagro

N° presupuesto	198
Fecha	03-03-2025

Cliente Cliente interno Dynagro
Dirección -

Mejora procesos sonda humedad



Fuente: Área comercial Dynagro.

5.4 Cronograma de Implementación (Carta Gantt)

El cronograma de implementación de las mejoras se presenta a continuación. Las fechas están sujetas a ajuste según el progreso del proyecto y los recursos disponibles. con los tiempos estimados por trimestre:

1. Capacitación del personal en electrónica y programación avanzada. (3 meses de implementación)
2. Elaboración e implementación de nuestro proceso de construcción de la sonda de humedad. (3 meses de implementación)

3. Implementación en terreno y pruebas finales y costos totales de la nueva ingeniería aplicada en nuestro producto. (3 meses de implantación)

Implementación de la calidad en nuestro producto (7 meses de implementación)

Tabla 15: Carta GANTT implementación de mejoras

Carta Gantt de implementación de Mejoras en la empresa Dynagro													
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Meses
Capacitación en cada Área													3
Fabricación Sonda de Humeda													3
Implementación en terreno y mejora continua													3
Implementación de Protocolos de Calidad													7

Fuente: Elaboración propia

5.5 Beneficios

El proyecto presenta importantes beneficios, tanto económicos como cualitativos, que garantizan su valor y relevancia estratégica para la empresa.

5.5.1 Beneficios Económicos

5.5.1.1 Comparación de Escenarios de Flujo de Caja

A continuación, se presenta el flujo de caja que considera los gastos mencionados anteriormente de \$60.000.000 por conceptos de reparaciones y cambios de sensores y de la inversión de \$24.000.000 para la implementación de mejoras.

Tabla 16: Flujo de caja

	2024	2025	2026	2027
Gasto por fallas	-\$60.000.000	-\$24.000.000	\$0	\$0
Inversión de mejoras	-\$24.000.000	\$0	\$0	\$0
Ahorro en gasto por fallas		\$36.000.000	\$60.000.000	\$60.000.000
Flujo de caja	-\$84.000.000	\$12.000.000	\$60.000.000	\$60.000.000

Flujo acumulado	-\$84.000.000	-\$72.000.000	-\$12.000.000	\$48.000.000
-----------------	---------------	---------------	---------------	--------------

Fuente: Elaboración propia con información de la empresa Dynagro

Fuente: Elaboración propia

Durante el primer año (2024), se incurre en el gasto completo por fallas y en la inversión del proyecto, lo que genera un flujo negativo de \$84 millones. Sin embargo, ya en el segundo año se alcanza un ahorro del 40%, reduciendo el impacto del gasto y generando un flujo de caja positivo de \$12 millones.

A partir del tercer año, el ahorro proyectado es completo (\$60 millones anuales), lo que permite recuperar prácticamente toda la inversión hacia fines del tercer año, y obtener ganancias netas acumuladas desde el cuarto año en adelante.

Este escenario demuestra que, incluso sin beneficios inmediatos, la inversión es rentable a mediano plazo, con una ganancia acumulada de \$48 millones al cuarto año. Esto valida la conveniencia económica del proyecto y su impacto positivo sobre la sostenibilidad financiera de la empresa.

5.5.2 Beneficios Cualitativos

El proyecto también trae beneficios cualitativos significativos para Dynagro, entre los cuales destaca una mejora notable en la imagen corporativa, incrementando la percepción de confiabilidad y calidad. La reducción sustancial de fallas se traducirá directamente en una mayor satisfacción del cliente, fortaleciendo su fidelidad y confianza en la empresa. Adicionalmente, estos cambios generarán nuevas oportunidades de crecimiento y expansión en el mercado, consolidando la posición competitiva de Dynagro y apoyando su crecimiento sostenible a largo plazo.

CAPÍTULO 6: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusión

El presente análisis demuestra que la implementación de mejoras en la fabricación y gestión de sondas de humedad representa una estrategia clave para optimizar los procesos de Dynagro. Si bien las mejoras aún no han sido completamente implementadas, la proyección de beneficios en términos de reducción de costos operativos, mejora de la calidad del producto y aumento de la rentabilidad es significativa.

La correcta ejecución de estas mejoras permitirá que la empresa optimice sus procesos internos y desarrolle un producto más confiable para sus clientes, lo que, a largo plazo, fortalecerá su posición en el sector agrícola y tecnológico. La efectividad de estas mejoras deberá ser monitoreada y ajustada conforme se avance en su implementación, asegurando así la consecución de los beneficios esperados.

6.2 Recomendaciones

Con base en los resultados obtenidos y el análisis realizado, se presentan las siguientes recomendaciones para asegurar el éxito en la implementación de las mejoras y maximizar los beneficios esperados:

1. Implementación Progresiva de las Mejoras

- Realizar una implementación por etapas para evaluar el impacto de cada mejora antes de aplicarla a gran escala.
- Priorizar aquellas mejoras que tengan un retorno de inversión más rápido y un impacto inmediato en la reducción de fallas.

2. Monitoreo y Evaluación Continua

- Establecer un sistema de seguimiento para medir la efectividad de las mejoras en la fabricación y mantenimiento de las sondas.
- Implementar indicadores de desempeño clave (KPIs) para evaluar el impacto en la reducción de costos y la mejora de calidad.
- Ajustar los procesos en función de los datos obtenidos para garantizar la optimización continua.

3. Fortalecimiento de la Capacitación del Personal

- Ampliar las capacitaciones en electrónica, programación y control de calidad para mejorar las competencias del equipo técnico.
- Desarrollar manuales y protocolos internos estandarizados que faciliten la formación de nuevos empleados.
- Incentivar la formación continua para mantenerse actualizados con las mejores prácticas de la industria.

4. Optimización del Proceso de Control de Calidad

- Implementar inspecciones de calidad más rigurosas en cada fase del proceso de fabricación.
- Incluir pruebas automatizadas de validación en el banco de pruebas para garantizar el correcto funcionamiento de las sondas antes de su distribución.

- Realizar auditorías periódicas para verificar el cumplimiento de los estándares de calidad establecidos.

5. Gestión Eficiente de los Recursos y Costos

- Revisar periódicamente los costos de producción y mantenimiento para identificar oportunidades de optimización.
- Negociar con proveedores para reducir costos en materiales sin comprometer la calidad del producto final.
- Implementar estrategias de reducción de desperdicios en los procesos de fabricación.

6. Desarrollo de Nuevas Innovaciones

- Fomentar la investigación y desarrollo para mejorar continuamente el diseño y desempeño de las sondas.
- Explorar la integración de nuevas tecnologías que puedan optimizar aún más la eficiencia operativa y la calidad del producto.
- Evaluar la posibilidad de diversificar el portafolio de productos para atender nuevas necesidades del mercado.

BIBLIOGRAFÍA

Blanco, O. R., & Franklin Sam, O. R. (2014). Teoría del Bienestar y el Óptimo de Pareto como Problemas Microeconómicos. *REICE Revista Electrónica de Investigación en Ciencias Económicas*, 2(3), 217–234. <https://doi.org/10.5377/reice.v2i3.1457>

Martínez, G., & María, E. (2024). *Diagrama de Ishikawa: Una herramienta para identificar y resolver problemas en la industria agroalimentaria*. 205226. <https://riunet.upv.es/handle/10251/205226>

Contreras Cariño, L. B., & González Moran, C. O. (2021). *Diseño y construcción de Sensor de Humedad IOT hecho de PVDF para aplicaciones en la Industria del cultivo*. <http://ri.uaemex.mx/handle/20.500.11799/112726>

Andrés Aucejo, E., & Ramón, F. (2023). Inteligencia Artificial: “chat GPT” versus la Ley y el Derecho. Jaque al derecho de la propiedad intelectual. *Revista de educación y derecho*, 28. <https://doi.org/10.1344/reyd2023.28.43933>