



UNIVERSIDAD INDOAMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

TEMA:

DISEÑO DEL SISTEMA LOTO Y SEÑALIZACIÓN DE SEGURIDAD
PARA LA PLANTA DE RENDERING DE UNA EMPRESA DEL SECTOR
ALIMENTICIO AVÍCOLA

Trabajo de integración curricular previo a la obtención del título de ingeniero industrial

Autor:

Jorge Israel Tixicuro Campaña

Tutor:

Ing. Pablo Elicio Ron Valenzuela MSc.

QUITO - ECUADOR

2025

AUTORIZACIÓN

AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL AUTOR PARA LA CONSULTA, REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Yo, Jorge Israel Tixicuro Campaña, declaro ser autor del Trabajo de Integración Curricular con el nombre "Diseño del sistema LOTO y señalización de seguridad para la planta de rendering de una empresa del sector alimenticio avícola", como requisito para optar al grado de Ingeniero Industrial y autorizo al Sistema de Bibliotecas de la Universidad Tecnológica Indoamérica, para que con fines netamente académicos divulgue esta obra a través del Repositorio Digital Institucional (RDI-UTI).

Los usuarios del RDI-UTI podrán consultar el contenido de este trabajo en las redes de información del país y del exterior, con las cuales la Universidad Tecnológica Indoamérica no se hace responsable por el plagio o copia del contenido parcial o total de este trabajo.

Del mismo modo, acepto que los Derechos de Autor, Morales y Patrimoniales, sobre esta obra, serán compartidos entre mi persona y la Universidad Tecnológica Indoamérica, y que no permitiré la publicación de esta obra en ningún otro medio, sin autorización expresa de la misma. En caso de que exista el potencial de generación de beneficios económicos o patentes, producto de este trabajo, acepto que se deberán firmar convenios específicos adicionales, donde se acuerden los términos de adjudicación de dichos beneficios.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Quito, a los 14 días del mes de agosto de 2025, firmo conforme:

Autor: Jorge Israel Tixicuro Campaña

Firma:.....

Número de Cédula: 1726310558

Dirección: Pichincha, Quito, Pomasqui.

Correo Electrónico: jorgetixicuro77@gmail.com

Teléfono: 0982686474

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Integración Curricular "Diseño del sistema LOTO y señalización de seguridad para la planta de rendering de una empresa del sector alimenticio avícola" presentado por Jorge Israel Tixicuro Campaña, para optar por el Título de Ingeniero Industrial,

CERTIFICO

Que dicho Trabajo de Integración Curricular ha sido revisado en todas sus partes y considero que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte de los Lectores que se designe.

Quito, 14 de agosto de 2025

.....

Ing. Pablo Elicio Ron Valenzuela MSc.

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Quien suscribe, declaro que los contenidos y los resultados obtenidos en el presente Trabajo de Integración Curricular, como requerimiento previo para la obtención del Título de Ingeniero Industrial, son absolutamente originales, auténticos y personales y de exclusiva responsabilidad legal y académica del autor.

Quito, 14 de agosto de 2025

.....
Jorge Israel Tixicuro Campaña
CI. 1726310558

APROBACIÓN DE LECTORES

El Trabajo de Integración Curricular ha sido revisado, aprobado y autorizada su impresión y empastado, sobre el Tema: **DISEÑO DEL SISTEMA LOTO Y SEÑALIZACIÓN DE SEGURIDAD PARA LA PLANTA DE RENDERING DE UNA EMPRESA DEL SECTOR ALIMENTICIO AVÍCOLA**, previo a la obtención del Título de Ingeniero Industrial, reúne los requisitos de fondo y forma para que el estudiante pueda presentarse a la sustentación del Trabajo de Integración Curricular.

Quito, 2 de octubre del 2025

.....

Ing. Fabián Alberto Sarmiento Ortiz MSc.

LECTOR

.....

Ing. Segura D'Rouville Juan Joe MSc.

Dedicatoria

Dedico este trabajo de titulación, con profunda gratitud y emoción, a Dios, por haberme dado la vida, la salud y la energía necesaria para seguir adelante en cada etapa de este camino. Por ser mi fuerza en los momentos difíciles y mi guía silenciosa en los momentos de decisión.

A mis padres, por su amor incondicional, por sus sacrificios y por confiar siempre en mi capacidad para alcanzar mis metas. A mi padre que, aunque ya no está físicamente a mi lado, sé que desde el cielo me acompaña con orgullo. Tus enseñanzas, tu ejemplo y tu recuerdo han sido mi impulso constante. A mis abuelitos, cuyas bendiciones y palabras sabias aún resuenan en mi corazón. A ellos, por haber sembrado valores que hoy me sostienen. Esta titulación es para todos ustedes. Este logro también es suyo.

Agradecimiento

Agradezco profundamente a la Universidad Indoamérica y a la Facultad de Ingeniería, por brindarme una formación académica de calidad y por acompañarme durante este proceso que hoy culmina con éxito. Al MSc. Pablo Elicio Ron Valenzuela, tutor de este trabajo, por su guía, paciencia y aportes técnicos que enriquecieron el desarrollo del proyecto.

Extiendo mi reconocimiento al Ingeniero Santiago Iregui, gerente de la empresa, por su respaldo institucional y por permitir que esta propuesta se lleve a cabo en un entorno real.

Al Ingeniero Eduardo Abumohor, mi jefe inmediato, y al Ingeniero David Serna, jefe de área, por su confianza, acompañamiento constante y orientación técnica, que fueron claves para el desarrollo de esta investigación. A todo el equipo de la planta industrial, por su colaboración y apertura para compartir su experiencia, información y tiempo en cada fase del proyecto.

Y finalmente, a mi familia y a mi novia, por ser mi mayor fuente de motivación, por su apoyo incondicional, sus palabras de aliento y su fe constante en mí. Este logro es también suyo, y les dedico con orgullo este paso importante en mi vida profesional.

Índice de Contenido

AUTORIZACIÓN.....	ii
APROBACIÓN DEL TUTOR.....	iii
DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD.....	iv
APROBACIÓN DE LECTORES	v
Dedicatoria.....	vi
Agradecimiento.....	vii
Resumen Ejecutivo.....	xiii
Abstract.....	xiv
Introducción.....	1
Antecedentes	3
Justificación.....	6
Objetivo General	7
Objetivos Específicos.....	7
Ingeniería del proyecto	8
Diagnóstico de la situación actual de la planta de rendering	8
Descripción de fuentes de energía	9
Estudio previo del sistema LOTO en industrias análogas (benchmarking).....	14
Análisis de señalética existente.....	16
Metodología IPER aplicada (criterios, nomenclatura y umbrales).....	18
Criterios de valoración	19
Análisis de riesgos por energía térmica mediante matriz IPER.....	21
Análisis de riesgos por energía mecánica mediante matriz IPER.....	23
Análisis de riesgos por energía eléctrica mediante matriz IPER	25
Área de estudio.....	31
Modelo Operativo	32
Desarrollo del modelo operativo	33
Planta Rendering como núcleo operativo	33
Sistema LOTO (Lockout/Tagout) - Norma OSHA 1910.147	33
Sistema de señalización de seguridad - Norma ISO 3864	34

Procedimientos y codificación técnica	34
Identificación de equipos críticos y fuentes de energía	35
Elaboración de procedimientos específicos LOTO	35
Selección e instalación de dispositivos de bloqueo y señalización	35
Capacitación del personal	36
Verificación y seguimiento	36
Propuesta y Resultados esperados.....	37
Presentación de la propuesta.....	37
1.INTRODUCCIÓN	38
1.1.Objetivos Específicos	38
2.ALCANCE.....	38
3.GENERALIDADES.....	39
3.1.Presentación de la empresa	39
3.2.Misión	39
3.3.Visión	39
3.4.Valores Corporativos.....	39
4.1.RIESGO LABORAL	40
5.INFORMACIÓN TÉCNICA	41
Ejemplo práctico: Aplicación del sistema LOTO y señalización de seguridad en el Tamiz de Plumas	43
Análisis comparativo antes y después de aplicar LOTO (Tamiz de plumas)	49
Conclusión del ejemplo práctico:	51
Fichas técnicas LOTO	52
Tolva de vísceras	52
Digestor.....	57
Percolador de Harina	66
Molino de harina.....	71
Aerocondensadores	76
Mapa de riesgos en la planta de rendering.....	82
Listado de kits para bloqueo	85
Listado de dispositivos LOTO.....	87
Listado de dispositivos por código	89
Bloqueo de válvula universal pequeño	90
Brazo de bloqueo	90

BLOQUEO DE SEGURIDAD 1.5IN KA ROJO NYLN SHKL 6PK	90
Dispositivo de bloqueo para interruptores con abrazadera de gran tamaño	91
Dispositivo de bloqueo de abrazadera para interruptores automáticos	91
PELIGRO No opere las etiquetas de bloqueo y etiquetado de la fuente de energía	91
Bloqueo con abrazadera para interruptores automáticos.....	92
Bloqueo con abrazadera para interruptores automáticos de 120V.....	92
Dispositivo de bloqueo universal para interruptores multipolares	92
VÁLVULA DE BOLA LO – PEQUEÑO 9/32IN NYLON	92
Mini Dispositivo de Bloqueo con cable	93
Dispositivos de bloqueo para válvulas de compuerta	93
Bloqueo de interruptor de pared rojo	93
Sistema de bloqueo de válvulas macho	93
Mapa de categorías y equipos críticos	94
Capacitación del Personal en el Sistema LOTO	96
Proceso de implementación del sistema LOTO en la planta	98
Instalación de gabinetes y estaciones LOTO	98
Organización y distribución de kits portátiles.....	102
Especificaciones del diseño del gabinete	103
Resultados obtenidos.....	104
Resultados comparativos antes y después del diseño del sistema LOTO y señalización.....	107
Análisis de cumplimiento y progreso	110
Conclusiones del capítulo	116
Conclusiones y recomendaciones	118
Conclusiones.....	118
Recomendaciones	120
Anexos.....	122

Índice de Figuras

Figura 1 <i>Equipo eléctrico</i>	9
Figura 2 <i>Digestor de Energía Térmica</i>	10
Figura 3 <i>Equipo mecánico</i>	11
Figura 4 <i>Equipo hidráulico</i>	12

Figura 5 <i>Mantenimiento de digestor</i>	14
Figura 6 <i>Planta de rendering</i>	17
Figura 7 <i>Análisis de riesgos por energía térmica mediante matriz IPER</i>	22
Figura 8 <i>Análisis de riesgos por energía mecánica mediante matriz IPER</i>	24
Figura 9 <i>Matriz IPER Análisis de riesgos por energía eléctrica</i>	27
Figura 10 <i>Modelo Operativo - Planta Rendering</i>	32
Figura 11 <i>Mapa de riesgos</i>	83
Figura 12 <i>Capacitación liderada por el autor sobre el sistema LOTO</i>	97
Figura 13 <i>Gabinete equipado</i>	99
Figura 14 <i>Gabinete inicial</i>	99
Figura 15 <i>Proceso de montaje</i>	101
Figura 16 <i>Kits portátiles</i>	102
Figura 17 <i>Esquema</i>	103
Figura 18 <i>Diagrama de Gantt</i>	113

Índice de Tablas

Tabla 1. <i>Criterios de valoración</i>	19
Tabla 2. <i>Severidad (S, 1–5)</i>	20
Tabla 3. <i>Matriz QFD</i>	29
Tabla 4. <i>Señalética del equipo</i>	46
Tabla 5. <i>Señalética del equipo</i>	48
Tabla 6. <i>Comparativo antes / después – Tamiz de plumas</i>	50
Tabla 7. <i>Categoría del Dispositivo y Código</i>	86
Tabla 8. <i>Dispositivos LOTO</i>	88
Tabla 9. <i>Listado con códigos</i>	90
Tabla 10. <i>Categorías y códigos</i>	95
Tabla 11. <i>Síntesis técnica de resultados obtenidos</i>	106
Tabla 12. <i>Situación antes y después de la implementación del sistema LOTO y señalética</i>	109
Tabla 13. <i>Situación antes y después de la implementación del sistema LOTO y señalética</i>	111
Tabla 14. <i>Presupuesto del sistema LOTO y señalización de seguridad</i>	114
Tabla 15. <i>Flujo financiero Proyectoado (2025–2029)</i>	115
Tabla 16. <i>TIR Y VAN</i>	116

UNIVERSIDAD INDOAMÉRICA

FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

**TEMA: DISEÑO DEL SISTEMA LOTO Y SEÑALIZACIÓN DE SEGURIDAD PARA
LA PLANTA DE RENDERING DE UNA EMPRESA DEL SECTOR ALIMENTICIO
AVÍCOLA**

AUTOR(A): Jorge Israel Tixicuro Campaña

TUTOR(A): Ing. Pablo Elicio Ron Valenzuela MSc.

Resumen Ejecutivo

La presente investigación se realiza en una planta rendering perteneciente al sector alimenticio. En la misma existen problemas relacionados con la seguridad del personal debido a la no existencia de procedimientos de intervención de los equipos de manera segura. Por lo antes expuesto es necesario diseñar un sistema de bloqueo, etiquetado y señalización de seguridad mediante la aplicación del sistema Loto y la norma NTE INEN 3864 dentro de la organización. La metodología empleada se basa en la matriz IPER direccionada a determinar riesgos eléctricos, mecánicos y térmicos referente a energías peligrosas para el operario. Además, encaminado a la reducción de los niveles de riesgos se emplea la herramienta QFD, perteneciente a la Casa de la Calidad en todo el equipamiento ubicado en la organización. Se obtuvo como resultado al aplicar la matriz IPER en todos los equipos que en un 51.7 % no cumplimiento, siendo clasificado como importante; al aplicar la herramienta QFD se obtuvo un nivel similar al anterior de no cumplimiento en la ejecución de las tareas de mantenimiento, limpieza y actividades en el proceso. El diseño propuesto contempla procedimientos LOTO específicos por equipo, instalación de estaciones y kits portátiles de bloqueo, y un sistema de señalización basado en la norma NTE INEN 3864. Se elabora un manual técnico con fichas codificadas que describen paso a paso los procedimientos de bloqueo y etiquetado, un plano de ubicación de señalética y puntos de bloqueo, y un inventario de dispositivos certificados. Además, se desarrolla un programa de capacitación teórico-práctico para el personal autorizado, asegurando la correcta aplicación del sistema. El análisis económico demuestra la viabilidad del proyecto, con un VAN de USD 1.635,88 y una TIR del 37%, evidenciando beneficios operativos, financieros y de seguridad. La propuesta constituye una inversión estratégica para mejorar la cultura preventiva, reducir accidentes laborales y garantizar la continuidad operativa de la planta.

Palabras clave: bloqueo y etiquetado, matriz IPER energías peligrosas, seguridad industrial, sistema Loto.

INDOAMERICA UNIVERSITY

SCHOOL OF ENGINEERING

INDUSTRIAL ENGINEERING CAREER

**TITLE: DESIGN OF THE LOTO SYSTEM AND SAFETY SIGNAGE FOR THE
RENDERING PLANT OF A COMPANY IN THE POULTRY FOOD SECTOR**

AUTHOR: Jorge Israel Tixicuro Campaña

ADVISOR: Pablo Elicio Ron Valenzuela

Abstract

This research was carried out in a rendering plant belonging to the food industry. The plant presents problems related to staff safety due to the lack of procedures for the safe operation of equipment. Therefore, it is necessary to design a system for locking, labeling, and safety signage through the application of the LOTO system and the NTE INEN 3864 standard within the organization. The methodology used is based on the IPER matrix, aimed at determining electrical, mechanical, and thermal risks related to energies that are hazardous to operators. In addition, the QFD tool, belonging to the Quality House, is used to reduce risk levels in all equipment located in the organization. The result of applying the IPER matrix to all equipment was 51.7% non-compliance, classified as significant. When the QFD tool was applied, a similar level of non-compliance was obtained in the execution of maintenance, cleaning, and process activities. The proposed design includes specific LOTO procedures for each piece of equipment, the installation of portable lockout stations and kits, and a signage system based on the NTE INEN 3864 standard.

A technical manual was developed with coded sheets that describe the lockout and tagout procedures step by step, a layout plan for signage and lockout points, and an inventory of certified devices. In addition, a theoretical and practical training program is developed for authorized personnel, to ensure the correct application of the system. The economic analysis demonstrated the feasibility of the project, with a NPV of USD 1,635.88 and an IRR of 37%, highlighting operational, financial, and safety benefits. The proposal constituted a strategic investment to improve the culture of prevention, reduce workplace accidents, and ensure the operational continuity of the plant.

Keywords: lockout and tagout, IPER matrix for hazardous energies, industrial safety, Loto system.

Capítulo I

Introducción

En los últimos años, la seguridad industrial se ha consolidado como un eje estratégico para la sostenibilidad y eficiencia de los procesos productivos, especialmente en sectores altamente regulados como el alimenticio. Las exigencias normativas, las auditorías externas y la creciente concienciación sobre el bienestar laboral han impulsado a las empresas a reforzar sus sistemas de gestión de seguridad, con énfasis en el control de riesgos asociados a la operación, limpieza y mantenimiento de maquinaria.

Uno de los sistemas más eficaces para la protección del personal en tareas de mantenimiento y reparación es el sistema LOTO (Lockout/Tagout), cuya función principal es garantizar que las fuentes de energía peligrosa de los equipos estén completamente aisladas antes de realizar cualquier intervención. Este método ha sido desarrollado con base en normativas internacionales como (OSHA)29 CFR 1910.147, y busca prevenir accidentes derivados de arranques inesperados, liberación de energía almacenada o fallas de comunicación operativa.

El sistema LOTO incluye procedimientos detallados para bloquear dispositivos de control de energía y colocar etiquetas de advertencia visibles. Cuando se aplica correctamente, este sistema minimiza riesgos de accidentes como atrapamientos, amputaciones, quemaduras, cortes y descargas eléctricas. Su implementación requiere un proceso riguroso de identificación de energías peligrosas, formación del personal, uso de dispositivos certificados, señalética adecuada y procedimientos escritos.

En el contexto de la planta de rendering, ubicada en la zona industrial de Calacalí, se han identificado condiciones operativas que demandan con urgencia la implementación de un sistema

formal de bloqueo y etiquetado. Esta planta tiene como finalidad el aprovechamiento de subproductos derivados del faenamiento de pollos y pavos, tales como plumas, sangre, vísceras y grasa, los cuales se transforman en harina y grasa animal a través de un proceso térmico.

La historia de esta planta se remonta al año 2011, cuando fue construida como parte de la planificación para reubicar la Planta de Faenamiento, que operaba en la zona de La Pampa. Desde entonces, ha pasado por diversas etapas de mejora técnica: se inició con dos digestores de 5000 litros y un aerocondensador, y con el paso de los años se incorporaron nuevos equipos como un digestor adicional de 6500 litros, filtros de tratamiento de olores, un sistema de precalentamiento de sangre, y la repotenciación del caldero de 200 bhp a 350 bhp. Estas mejoras han permitido optimizar tiempos de procesamiento y reducir emisiones.

Los subproductos son bombeados desde la Planta de Faenamiento a la Planta de rendering a través de una línea de más de 100 metros, lo cual implica operaciones continuas con equipos de alta presión, transporte hidráulico, y sistemas mecánicos de gran tamaño. Actualmente, la planta trabaja con un número limitado de operarios por turno, quienes manipulan digestores, calderos, tornillos sin fin, válvulas de vapor y equipos de alta temperatura. Estas condiciones operativas generan riesgos significativos, tales como atrapamientos, quemaduras, caídas y exposición eléctrica.

A pesar de la evolución técnica, se ha identificado la ausencia de un procedimiento formal de control de energías peligrosas bajo la normativa LOTO. En la actualidad, los mantenimientos y limpiezas se realizan sin una estructura clara de bloqueo y etiquetado, lo cual representa una vulnerabilidad crítica en la seguridad operativa.

Con el diseño de esta solución se pretende generar un impacto positivo en la seguridad ocupacional, optimizar los tiempos de intervención técnica y establecer una guía clara para futuras

auditorías. Este proyecto, además de ser una respuesta práctica a una necesidad actual, se alinea con las mejores prácticas de seguridad industrial reconocidas a nivel internacional (OSHA, 2023; INEN, 2020).

Antecedentes

La Planta de rendering nace como una solución estratégica ante la necesidad de dar un valor agregado a los desperdicios generados en la Planta de Faenamiento de pollos. Originalmente, la Planta de Faenamiento operaba en La Pampa, a la entrada del Club de Liga. En el año 2011, se adquirió un terreno en la zona industrial de Calacalí con el objetivo de reubicar y optimizar las operaciones productivas de la empresa.

Dentro de esta nueva planificación, se decidió iniciar la construcción de la Planta de Subproductos, la cual comenzó a operar oficialmente el 4 de diciembre del 2011 con dos operarios y un jefe de planta. Inicialmente, los subproductos como plumas, sangre y vísceras eran trasladados desde la planta antigua en volquetas hacia la nueva planta. Este sistema de transporte se mantuvo hasta julio de 2015, cuando entró en funcionamiento la Planta de Cárnicos y se implementó un sistema de bombeo de subproductos a través de un ducto de más de 100 metros.

Desde su creación, la planta ha sido objeto de mejoras constantes para optimizar sus procesos térmicos y de tratamiento de residuos. En su fase inicial, contaba con dos digestores de 5000 litros y un aerocondensador. En 2017, se adicionó un tercer digestor de 6500 litros y otro aerocondensador. En 2018, se implementó un sistema de precalentamiento de sangre, lo cual permitió reducir en 20 minutos el tiempo total del proceso de cocción. Ese mismo año se mejoró el sistema de tratamiento de olores mediante la instalación de un filtro orgánico.

En el año 2020 se repotenció el caldero, pasando de 200 bhp a 350 bhp, mejorando así la eficiencia del suministro de vapor a los digestores. Estas acciones han contribuido a una mayor

eficiencia operativa y reducción de emisiones. Desde el año 2023, se han continuado realizando mejoras en los procesos y condiciones de seguridad de la planta, las cuales se detallarán más adelante en esta investigación.

En la industria alimentaria, especialmente en procesos que involucran maquinaria, el personal está expuesto a diversos riesgos asociados a fuentes de energía peligrosas como la eléctrica, mecánica, hidráulica y térmica. (gms.ec, 2024) Para mitigar estos riesgos, se han desarrollado procedimientos de seguridad como el sistema de bloqueo y etiquetado, conocido como LOTO (Lockout/Tagout), que busca prevenir accidentes durante tareas de mantenimiento o reparación de equipos (gms.ec, 2024).

La Administración de Seguridad y Salud Ocupacional (OSHA, 2024) de los Estados Unidos establece en su norma 29 CFR 1910.147 los requisitos para el control de energía peligrosa, indicando que la implementación adecuada del programa LOTO puede prevenir aproximadamente 120 muertes y 50,000 lesiones al año. Esta normativa ha servido como referencia para muchas empresas a nivel mundial en la adopción de prácticas seguras (OSHA, 2024).

En Ecuador, diversas instituciones educativas y empresas han reconocido la importancia de implementar programas LOTO. Por ejemplo, la Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL) desarrolló un plan de seguridad industrial para la línea de envasado de helados, aplicando el programa LOTO basado en la normativa (OSHA, 2024), con el objetivo de fomentar una cultura de prevención en la empresa (ESPOL, 2012).

Asimismo, un egresado de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH) implementó procedimientos de bloqueo y etiquetado en la Empresa Unión Cementera Nacional UCEM S.A., logrando mitigar riesgos presentes en actividades operacionales y de mantenimiento, y reduciendo riesgos altos a niveles bajos (INGA, 2022).

A nivel internacional, se han documentado casos donde la falta de implementación adecuada de programas LOTO ha resultado en sanciones y accidentes graves. Por ejemplo, en la industria de procesamiento de alimentos en Estados Unidos, empresas como BEF Foods Inc. han enfrentado multas significativas debido a violaciones relacionadas con el bloqueo y etiquetado, subrayando la importancia de cumplir con estas medidas de seguridad (TRADESAFE, 2024).

Estos antecedentes evidencian la necesidad de adoptar e implementar programas LOTO en las industrias, no solo para cumplir con normativas internacionales, sino también para garantizar la seguridad y bienestar de los trabajadores. La aplicación de estos programas contribuye a la creación de entornos laborales más seguros y a la prevención de accidentes laborales.

La planta de rendering en análisis se dedica al aprovechamiento de vísceras, plumas, sangre y grasas para la producción de harinas y aceites. La operación involucra equipos como tolvas, digestores, tornillos sin fin y bombas que requieren intervención constante. Sin embargo, no existe un sistema documentado de bloqueo/etiquetado ni una metodología clara de señalización de riesgos.

En el año 2025, durante una revisión técnica realizada en la planta de rendering, se identificó que la gerencia había adquirido con anterioridad dos maleteros completos del sistema LOTO, los cuales contenían dispositivos de bloqueo, candados, tarjetas y herramientas necesarias para el control de energías peligrosas. Sin embargo, estos equipos no habían sido utilizados debido al desconocimiento por parte del personal sobre su funcionamiento, uso correcto y aplicación práctica en los procesos operativos. Esta situación motivó al autor del presente trabajo a tomar la iniciativa de desarrollar un proyecto de titulación enfocado en el diseño e implementación formal del sistema LOTO y de una propuesta complementaria de señalización, con el fin de aprovechar los recursos existentes, mejorar la seguridad y reducir los riesgos laborales en la planta. Esta iniciativa no solo

busca proteger a los trabajadores, sino también optimizar la gestión del mantenimiento y prevenir paradas no programadas por accidentes.

Justificación

La presente investigación es de importancia estratégica para la Planta de Rendering, ya que permite fortalecer la seguridad industrial mediante la implementación de un sistema LOTO (bloqueo y etiquetado) que controle las energías peligrosas durante trabajos de mantenimiento, inspección y limpieza de equipos críticos como digestores, calderos y tornillos sin fin.

El **impacto** de esta propuesta se refleja en la reducción del riesgo de accidentes laborales graves, como atrapamientos, quemaduras o cortes, al eliminar la posibilidad de que las máquinas se activen de forma inesperada mientras se realizan intervenciones. Además, contribuye a mejorar el ambiente laboral y a desarrollar una cultura de seguridad preventiva, en cumplimiento con la normativa nacional e internacional (Acuerdo Ministerial 019-2021 y norma OSHA 1910.147).

Su **utilidad** radica en que establecerá procedimientos técnicos estandarizados y efectivos para el control de energías peligrosas, beneficiando tanto al personal operativo como a la jefatura de planta, al minimizar la exposición a riesgos y facilitar las auditorías en materia de seguridad.

Los **beneficiarios** directos de este proyecto son los trabajadores de la planta de subproductos, en especial el personal que opera en turnos con recursos humanos limitados. Los beneficios también alcanzan a la empresa en general, al evitar interrupciones de producción, sanciones legales o costos derivados de accidentes.

Finalmente, esta propuesta es **factible** desde el punto de vista técnico, operativo y económico, ya que se adapta a las condiciones actuales de la planta, utiliza recursos disponibles y puede ser implementada progresivamente, iniciando con capacitación y elaboración de procedimientos hasta llegar a la instalación de dispositivos LOTO adecuados.

Objetivo General

Diseñar un sistema de bloqueo, etiquetado y señalización de seguridad mediante la aplicación del sistema LOTO y la norma NTE INEN 3864, para la planta de rendering de una empresa del sector alimenticio avícola.

Objetivos Específicos

- Identificar las fuentes de energías peligrosas y riesgos asociados en cada equipo mediante el uso de una matriz IPER, en los puestos de trabajo determinando niveles de riesgo.
- Diseñar procedimientos específicos de bloqueo y etiquetado aplicando el sistema LOTO, para disminuir el nivel de exposición de los trabajadores a fuentes de energías peligrosas.
- Elaborar una propuesta de señalización mediante la norma NTE INEN 3864, que sirva para advertir y prevenir riesgos operacionales de forma clara y estandarizada.

Capítulo II

Ingeniería del proyecto

Diagnóstico de la situación actual de la planta de rendering

El presente trabajo se desarrolla en una planta industrial del sector alimenticio avícola, específicamente en la unidad operativa encargada del procesamiento de subproductos generados durante el faenamiento de aves. Esta planta, conocida como rendering, se localiza en una zona industrial al noroccidente de Quito y tiene como objetivo principal la transformación de residuos orgánicos en productos de valor agregado como harinas proteicas y grasa animal.

La infraestructura de la planta incluye áreas diferenciadas para la descarga, cocción, prensado, secado, molienda, almacenamiento y despacho de productos, apoyándose en equipos industriales como digestores, tornillos transportadores, bombas, ventiladores, tamices y sistemas de ensacado. Estos equipos operan bajo condiciones de alta temperatura, presión y movimiento mecánico constante, lo que representa un entorno de alto riesgo para el personal técnico durante intervenciones de producción, mantenimiento o limpieza.

Dado que muchos de estos equipos requieren intervención frecuente para limpieza, ajustes, reparación o mantenimiento preventivo, su análisis e inclusión dentro del sistema LOTO es prioritario. Su diseño debe garantizar que las fuentes de energía sean correctamente aisladas antes de cualquier operación, considerando el riesgo combinado de energía eléctrica, térmica, mecánica e hidráulica.

La planta de rendering actualmente opera con una línea de procesamiento de subproductos como vísceras, plumas, sangre y grasas; se ha identificado que, aunque existen condiciones básicas de operación seguras, hay una ausencia de un sistema formalizado de control de energías

peligrosas, los equipos no cuentan con dispositivos de aislamiento físico y no existen protocolos documentados para la intervención segura de los mismos.

Durante las observaciones realizadas a lo largo del año 2025, se registraron intervenciones de mantenimiento sin señalización ni candados de seguridad, algunos operarios no disponen de entrenamiento formal sobre energías residuales, lo cual incrementa el riesgo de accidentes laborales.

Descripción de fuentes de energía

En la planta de rendering, se identifican múltiples fuentes de energía que permiten el funcionamiento continuo de los procesos industriales, estas fuentes deben ser gestionadas de forma segura, especialmente durante actividades de mantenimiento, limpieza o inspección. A continuación, se detallan las principales fuentes de energía presentes en la planta:

Energía eléctrica: Se utiliza ampliamente en motores trifásicos, tableros de control, ventiladores, compresores, balanzas automáticas, sensores y otros equipos de automatización. Esta fuente representa riesgos como descargas eléctricas, cortocircuitos y activación inesperada de maquinaria, especialmente si no se realizan procedimientos adecuados de desenergización.

Figura 1

Equipo eléctrico



Nota. Este enfriador posee un motor eléctrico que requiere la aplicación del sistema LOTO

Energía térmica: Presente en digestores, tuberías de vapor, sistemas de transferencia de calor, evaporadores, harina caliente, entre otros. Esta fuente puede generar quemaduras por contacto directo o exposición a altas temperaturas. Además, la presión acumulada en sistemas térmicos puede representar riesgos de explosión o fugas de vapor.

Figura 2

Digestor de Energía Térmica



Nota. Se observa el digestor principal con recubrimiento metálico, una fuente significativa de energía térmica en el proceso industrial.

Fuente: Elaboración propia.

Energía mecánica: Utilizada en elementos como molinos, zarandas, tamices, tornillos transportadores, prensas y ejes giratorios. Esta energía se transfiere mediante mecanismos en movimiento que pueden causar atrapamientos, cortes o amputaciones en caso de activación accidental durante actividades de mantenimiento o limpieza.

Figura 3

Equipo mecánico



Nota. Se observa el sistema de trituración con tornillos sinfín para procesamiento de subproductos cárnicos en plantas avícolas.

Energía hidráulica: Presente en bombas, válvulas de presión, sistemas de transferencia de subproductos líquidos o pastosos, y líneas de presión. La acumulación o liberación súbita de presión puede ocasionar fugas, golpes hidráulicos o proyecciones de fluidos que representan un riesgo para la integridad del personal.

Figura 4

Equipo hidráulico



Nota. Se observa una bomba centrífuga acoplada a motor eléctrico para transporte de fluidos industriales

Cada una de estas fuentes de energía debe ser identificada, evaluada y controlada mediante un sistema eficaz de **bloqueo y etiquetado (LOTO)**, acompañado de una señalización clara y visible. La falta de control sobre estas energías puede resultar en accidentes graves, como quemaduras, electrocuciones, lesiones por atrapamiento o exposición a materiales peligrosos. Por ello, el diseño del sistema LOTO debe adaptarse a las características específicas de cada fuente energética presente en la planta.

Ejemplo práctico de riesgo por ausencia de procedimientos seguros de mantenimiento

Durante una inspección en la planta se evidenció una situación crítica relacionada con la ejecución de actividades de mantenimiento sin la aplicación de medidas de control adecuadas. En la figura 5 se observa a varios trabajadores realizando trabajos de intervención en los digestores, utilizando estructuras metálicas apiladas de manera improvisada para acceder a zonas elevadas del equipo.

Esta práctica representa una serie de riesgos significativos, entre los cuales destacan:

- **Caídas de distinta altura**, debido al uso de plataformas no certificadas, ausencia de escaleras industriales, barandales o equipos de protección personal como arneses con línea de vida.
- **Atrapamientos o amputaciones**, ante una posible activación accidental del equipo durante la intervención, ya que no se evidencian mecanismos de aislamiento físico o eléctrico.
- **Riesgos eléctricos**, si los motores trifásicos asociados a los digestores no han sido desenergizados correctamente mediante un sistema formal de bloqueo.
- **Falta de señalización preventiva**, que permita alertar a otros operadores sobre la ejecución de tareas de mantenimiento en curso.
- **Uso inadecuado de estructuras**, puesto que las jaulas utilizadas como plataforma no están diseñadas para sostener personas ni brindan estabilidad, lo que incrementa el riesgo de colapso o caída.

Este caso pone en evidencia la falta de procedimientos estandarizados de seguridad para trabajos de mantenimiento y subraya la necesidad de diseñar e implementar un sistema de bloqueo y etiquetado (LOTO) acorde a las condiciones reales de operación. La presencia de múltiples fuentes de energía (eléctrica, térmica y mecánica) en un mismo equipo demanda la adopción de controles específicos que garanticen el aislamiento seguro antes de cualquier intervención.

Incluir este tipo de eventos como referencia dentro del diseño del sistema LOTO permite no solo prevenir accidentes graves, sino también fomentar una cultura de seguridad proactiva dentro de la planta industrial.

Figura 5

Mantenimiento de digester



Nota. Se observa un operador realizando al equipo digester

Estudio previo del sistema LOTO en industrias análogas (benchmarking)

Para sustentar la viabilidad y pertinencia del diseño del sistema LOTO en la planta de rendering, se realizó un estudio comparativo de benchmarking técnico con respecto a otras empresas del sector industrial que han implementado prácticas de bloqueo y etiquetado bajo normativas internacionales. Este estudio previo permite identificar buenas prácticas, niveles de cumplimiento, deficiencias comunes y elementos clave que deben adaptarse al entorno específico de la planta en análisis.

En primer lugar, se consideró el caso de la Empresa UCEM S.A., perteneciente al sector cementero, donde se aplicaron procedimientos de bloqueo y etiquetado en equipos de alto riesgo, logrando una reducción de niveles de exposición calificados como "altos" a niveles "bajos" según matrices de riesgo IPER. Esta experiencia, documentada en una tesis de la ESPOCH (Inga, 2022), destaca la importancia de personal capacitado y dispositivos normalizados. Aunque el entorno

cementerero difiere del alimenticio, las condiciones de riesgo por energía mecánica y eléctrica presentan similitudes relevantes para efectos del diseño de un sistema LOTO funcional.

En segundo lugar, se revisó el proyecto desarrollado por la ESPOL (2012) en una planta de envasado de helados, en la cual se implementó un programa de bloqueo basado en la norma OSHA 1910.147. Este caso es especialmente relevante por su cercanía con el sector alimenticio, así como por el uso de maquinaria con fuentes de energía térmica y eléctrica. Los resultados obtenidos incluyeron reducción en incidentes menores, aumento en la percepción de seguridad por parte del personal y adecuación de fichas técnicas con señalización estandarizada.

Además, se analizaron referencias internacionales como el caso documentado por OSHA (2024) sobre BEF Foods Inc., donde la ausencia de procedimientos LOTO ocasionó accidentes graves y sanciones por incumplimiento normativo. Esta referencia permite entender que la no implementación no solo tiene consecuencias sobre la seguridad operativa, sino también sobre la sostenibilidad jurídica y reputacional de las empresas.

La comparación entre estos casos permitió definir los siguientes factores críticos de éxito: uso de fichas por equipo, capacitación formal, supervisión activa y combinación con señalización estandarizada. A su vez, reveló que los errores comunes incluyen el desconocimiento de los dispositivos, la falta de pruebas de energía residual y la inexistencia de procedimientos escritos.

Por lo tanto, el diseño propuesto en esta investigación incorpora estos aprendizajes y adapta las buenas prácticas al contexto técnico de la planta de rendering, utilizando equipos ya adquiridos, pero aún no implementados. Esta estrategia maximiza el aprovechamiento de recursos disponibles y garantiza la alineación con referentes nacionales e internacionales.

Análisis de señalética existente

En la Figura 6, se aprecia una vista general de la zona de digestores, donde se están realizando tareas de mantenimiento. En la baranda superior amarilla, se visualizan rótulos con la inscripción "digestor 1", "digestor 2", y "digestor 3", los cuales corresponden a una señalética básica de identificación de equipos. Sin embargo, desde el enfoque de seguridad industrial, la señalización presente resulta insuficiente para prevenir accidentes y cumplir con los estándares normativos.

Entre los aspectos críticos observados se destacan:

- Falta de señalización de advertencia o peligro, como “Mantenimiento en curso”, “Peligro: equipo energizado”, o “Uso obligatorio de EPP”, que son fundamentales durante intervenciones técnicas.
- Ausencia de señalética de bloqueo y etiquetado, la cual debería acompañar a cualquier intervención técnica para advertir la presencia de personal en labores de alto riesgo.
- Identificación deficiente del área de trabajo, ya que no se han demarcado zonas de exclusión o áreas restringidas para personal ajeno a la operación.
- Señalización desgastada o no normalizada, al no cumplir con los estándares de la norma INEN 3864 o el sistema GHS para identificación de riesgos.

Figura 6

Planta de rendering



Nota. Se observa la planta de rendering

La señalización debe ser clara, visible, duradera y estar ubicada estratégicamente en puntos críticos, incluyendo accesos, tableros eléctricos, equipos con múltiples fuentes de energía, y zonas de riesgo térmico o mecánico. Su propósito es informar, advertir y guiar a los trabajadores en la prevención de accidentes.

Este análisis evidencia la necesidad de complementar el diseño del sistema LOTO con un sistema de señalización integral, que cumpla con los requisitos legales y de seguridad ocupacional. Incluir señalética apropiada refuerza la cultura preventiva dentro de la planta y reduce significativamente el riesgo de incidentes.

Metodología IPER aplicada (criterios, nomenclatura y umbrales)

Propósito. Antes de leer cifras, colores o conclusiones, conviene decir con todas sus letras qué método sostiene las Figuras 7–9: la IPER, es decir, la Identificación de Peligros y Evaluación de Riesgos, empleada aquí como llave de lectura y no como formalidad. Este enfoque se articula con las buenas prácticas de los sistemas de gestión de SST (piénsese en ISO 45001, que exige determinar peligros y controles) y conversa directamente con la lógica de control de energías del programa LOTO conforme OSHA 1910.147, de modo que el tránsito entre “riesgo identificado” y “energía bloqueada” no sea retórico sino operativo (y verificable en campo).

Alcance y supuestos de evaluación. La IPER abarca tanto la operación rutinaria como la no rutinaria de la planta de rendering; por lo tanto, incluye cocción, prensado, transporte, secado, molienda, ensacado y, cómo no, mantenimiento y limpieza, que suelen ser los puntos ciegos. Las fuentes de energía consideradas se definen de manera explícita (eléctrica, mecánica por movimiento, térmica y también la hidráulica/presurizada), porque cada una se manifiesta con mecanismos de daño y controles distintos; no es lo mismo una reconexión en un tablero trifásico que un golpe de vapor en una línea de servicio. La unidad de análisis es concreta y no abstracta: actividad específica sobre un equipo determinado, realizada por un puesto de trabajo definido y con un número de personas expuestas que se registra como N para ordenar prioridades; así, la priorización deja de depender del “yo creo” y pasa a un criterio reproducible. Bajo el principio ALARP, la reducción del riesgo se persigue hasta un nivel tan bajo como razonablemente posible, privilegiando medidas de ingeniería —bloqueo físico, enclavamientos, protecciones— sobre controles administrativos o EPP (que ayudan, sí, pero llegan tarde si el equipo arranca).

Nomenclatura y estructura de la matriz. Cada fila de la IPER se lee como una pequeña historia causal donde primero aparece la fuente o situación (energía eléctrica del tamiz, partes móviles del tornillo, superficie caliente del digestor), luego el acto que gatilla la exposición (intervención sin bloqueo, proximidad a elementos en movimiento, manipulación sin protección térmica) y a continuación el incidente potencial que interesa evitar (descarga, atrapamiento, quemadura, golpe). Se documentan las medidas de control existentes tal cual ocurren —a veces solo se apaga desde el tablero, a veces hay protecciones parciales, a veces queda en manos del EPP— para no sobrestimar barreras que no están. Con esa evidencia se calcula la evaluación del riesgo en Seguridad a partir de P y S y se acompaña la lectura con la apreciación de Higiene Ocupacional cuando el agente es ambiental (ruido, calor, bioaerosoles), porque el daño no siempre viene de una máquina encendida. La codificación cromática simplifica la lectura: Bajo en verde, Moderado en azul, Importante en amarillo; si emergiera Crítico se marca en rojo y la tarea se suspende hasta implantar controles (no hay matices ahí). Además, se distingue si la tarea es rutinaria o no rutinaria; estas últimas paradas, limpiezas internas, correctivos, elevan el perfil de exposición y, por eso mismo, activan un factor de precaución que obliga a replantear el control antes de actuar.

Criterios de valoración

Estimación integral que combina frecuencia de exposición, accesibilidad, historial de incidentes/casi-incidentes, fallas de control y complejidad de la tarea.

Tabla 1.

Criterios de valoración

P	Descripción operativa	Referencia de frecuencia típica
1	Rara: controles robustos, acceso restringido	< 1 vez/año
2	Ocasional: controlado, acceso moderado	mensual–trimestral
3	Frecuente: exposición habitual	semanal
4	Muy frecuente: operación diaria	diaria
5	Continua: exposición repetida en la jornada	varias veces/día

Tabla 2.*Severidad (S, 1–5)*

S	Consecuencia verosímil	Ejemplos
1	Leve	primeros auxilios, sin incapacidad
2	Menor	incapacidad ≤ 3 días
3	Importante	incapacidad > 3 días, lesiones moderadas
4	Grave	amputación/quemadura severa, hospitalización, discapacidad parcial
5	Catastrófica	fatalidad o múltiples lesionados

Nota. En riesgos eléctricos de tableros/motores trifásicos o en exposición térmica presurizada,

S raramente baja de 3; puede ser 4–5 si no hay LOTO, protecciones ni verificación de ausencia de energía.

Cálculo del Nivel de Riesgo y umbrales

Se utiliza $R = P \times S$ (rango 1–25). La clasificación adoptada para la planta es:

- **Bajo:** 1–5 → Mantener controles, señalización y verificación rutinaria.
- **Moderado:** 6–10 → Plan de mejora programado (LOTO local, protecciones, capacitación específica).
- **Importante:** 11–15 → Acción prioritaria: implementar LOTO completo, ingeniería y bloqueo verificado antes de operar.
- **Crítico:** 16–25 → **Detener tarea** hasta eliminar/mitigar (LOTO, enclavamientos, pruebas de ausencia de energía, permisos de trabajo).

Reglas de ajuste (priorización)

- **No rutinaria:** si la tarea es no rutinaria y existe energía residual posible, elevar **una categoría** el nivel resultante.
- **Población expuesta (N):** si $N \geq 5$ trabajadores quedan simultáneamente en zona de riesgo, priorizar la intervención (no altera R, pero sube la prioridad del plan de acción).
- **Controles “administrativos”:** si los controles existentes son solo administrativos/EPP, considerar $P = P + 1$ (máx. 5) mientras no existan controles de ingeniería.

Análisis de riesgos por energía térmica mediante matriz IPER

Uno de los riesgos más relevantes en la planta de rendering es la exposición a energía térmica, derivada del uso de digestores, evaporadores, transporte de subproductos calientes y superficies expuestas a altas temperaturas.

A través de la matriz IPER se identificaron procesos rutinarios y no rutinarios que implican contacto con fuentes térmicas, generando potenciales incidentes como quemaduras y estrés térmico. Se observó que en varias actividades los operarios manipulan materiales o trabajan en cercanía a superficies calientes sin una protección térmica adecuada.

Entre los procesos evaluados destacan:

Cocción de subproductos: Riesgo por contacto con digestores en operación.

Descarga y transporte de harina caliente: Manipulación de producto a temperaturas elevadas.

Evaporación de líquidos: Superficies calientes en evaporadores.

Mantenimiento en digestores: Riesgo por superficies internas calientes y vapor residual.

Las medidas de control actuales son parciales, limitándose al uso incompleto de EPP y señalización básica, lo cual es insuficiente frente al nivel de riesgo identificado.

El análisis determinó que los niveles de riesgo varían entre **moderado** e **importante**, evidenciando la necesidad de reforzar procedimientos LOTO, la selección de EPP adecuado y la capacitación en trabajo seguro en ambientes térmicos.

A continuación, se presenta un ejemplo representativo de la matriz IPER aplicada a los riesgos térmicos de la planta:

Figura 7

Análisis de riesgos por energía térmica mediante matriz IPER

TIPO DE FILA	PROCESO	ACTIVIDAD (Rutinaria - No Rutinaria)	POR EMPRESA	POR E. SERVICIO	PUESTO DE TRABAJO (ocupación)	N° TRABAJADORES	PELIGROS		INCIDENTES POTENCIAL	MEDIDA DE CONTROL	EVALUACIÓN DE RIESGOS					
							FUENTE, SITUACIÓN	ACTO			SEGURIDAD				HIGIENE OCUPACIONAL	
											Probabilidad (P)	Severidad (S)	Evaluación del Riesgo	Nivel de Riesgo	Existe Evaluación de Riesgo	Nivel de Riesgo
S	Cocción de subproductos	Rutinaria	x		Operativo de planta	5	Altas temperaturas en digestores	Manipulación sin protección térmica adecuada	Quemaduras leves o graves, estrés térmico	Uso parcial de EPP térmico, señalización básica	3	8	24	Moderado	Si Cuantitativa	importante
S	Descarga de harina	Rutinaria	x		Operativo de planta	5	Contacto con harina recién salida de digestor	Manipulación sin protección térmica adecuada	Quemaduras leves o graves, estrés térmico	Uso parcial de EPP térmico, señalización básica	5	8	40	Importante	Si Cualitativa	importante
S	Transporte de harina caliente	Rutinaria	x		Operativo de planta	5	Harina caliente durante transporte	Manipulación sin protección térmica adecuada	Quemaduras leves o graves, estrés térmico	Uso parcial de EPP térmico, señalización básica	5	8	40	Importante	Si Cualitativa	importante
S	Evaporación de líquidos	No Rutinaria	x		Operativo de planta	5	Superficies calientes en evaporadores	Manipulación sin protección térmica adecuada	Quemaduras leves o graves, estrés térmico	Uso parcial de EPP térmico, señalización básica	3	6	18	Bajo	Si Cuantitativa	bajo
S	Mantenimiento en digestores	No Rutinaria	x		Mantenimiento	5	Superficies calientes internas del digestor	Manipulación sin protección térmica adecuada	Estrés térmico	Uso parcial de EPP térmico, señalización básica	3	8	24	Moderado	Si Cuantitativa	importante

Nota. La figura muestra una matriz IPER (Identificación de Peligros y Evaluación de Riesgos) aplicada a actividades rutinarias y no rutinarias en una planta de procesamiento de subproductos avícolas. Se detallan los peligros asociados, los puestos de trabajo involucrados, los incidentes potenciales y las medidas de control sugeridas, junto con la evaluación del nivel de riesgo en términos de seguridad e higiene ocupacional.

Análisis de riesgos por energía mecánica mediante matriz IPER

El riesgo asociado a la energía mecánica es uno de los más significativos en la planta de rendering, debido a la gran cantidad de equipos con componentes móviles expuestos o con protecciones parciales.

Mediante el análisis IPER se identificaron múltiples procesos rutinarios en los cuales los operarios están expuestos a partes móviles de equipos tales como tornillos transportadores, prensas, tamices, molinos y zarandas. La manipulación de estos equipos, o la intervención en cercanía sin un bloqueo adecuado, genera un alto potencial de atrapamientos, cortes, amputaciones y golpes.

Entre los principales procesos evaluados se encuentran:

Tamizado y prensado de plumas: Partes móviles en contacto directo con el producto.

Transporte y carga de plumas y vísceras: Tornillos de transporte con protecciones parciales.

Alimentación a digestores y molino: Exposición a mecanismos de tornillos y alimentadores.

Molido de harina y ensacado: Operaciones con molinos y zarandas con elementos giratorios.

Las medidas de control observadas actualmente son insuficientes, basadas únicamente en la presencia parcial de protecciones físicas. No se cuenta con procedimientos LOTO formales ni con un sistema de verificación de ausencia de movimiento antes de intervenciones.

El nivel de riesgo identificado en estos procesos varía entre **moderado e importante**, con casos puntuales críticos. Se recomienda implementar procedimientos LOTO completos, reforzar las protecciones físicas, e incluir señalización de advertencia adecuada.

A continuación, se presenta un ejemplo representativo de la matriz IPER aplicada a los riesgos mecánicos de la planta:

Figura 8

Análisis de riesgos por energía mecánica mediante matriz IPER

TIPO de FILA	PROCESO	ACTIVIDAD (Rutinaria - No Rutinaria)	POR EMPRESA	POR SERVICIO	PUESTO DE TRABAJO (ocupación)	N° TRABAJO/ADORES	PELIGROS		INCIDENTES POTENCIAL	MEDIDA DE CONTROL	EVALUACIÓN DE RIESGOS					
							FUENTE, SITUACIÓN	ACTO			SEGURIDAD				HIGIENE OCUPACIONAL	
											Probabilidad (P)	Severidad (S)	Evaluación del Riesgo	Nivel de Riesgo	Existe Evaluación de Riesgo	Nivel de Riesgo
S	Tamizado de plumas	Rutinaria	x		Operativo de planta	5	Partes móviles del equipo Tamiz de plumas	Intervención sin bloqueo, cercanía a partes móviles sin protecció	Atrapamientos, cortes, amputaciones, golpes	Presencia de protecciones físicas parciales	5	8	40	Importante	Si Cuantitativa	importante
S	Prensado de plumas	Rutinaria	x		Operativo de planta	5	Partes móviles del equipo Prensa de plumas	Intervención sin bloqueo, cercanía a partes móviles sin protecció	Atrapamientos, cortes, amputaciones, golpes	Presencia de protecciones físicas parciales	5	8	40	Importante	Si Cuantitativa	importante
S	Transporte y descarga de plumas	Rutinaria	x		Operativo de planta	5	Partes móviles del equipo Tolda de plumas	Intervención sin bloqueo, cercanía a partes móviles sin protecció	Atrapamientos, cortes, amputaciones, golpes	Presencia de protecciones físicas parciales	5	8	40	Importante	Si Cuantitativa	importante
S	Transporte y descarga de vísceras	Rutinaria	x		Operativo de planta	5	Partes móviles del equipo Tolda de vísceras	Intervención sin bloqueo, cercanía a partes móviles sin protecció	Atrapamientos, cortes, amputaciones, golpes	Presencia de protecciones físicas parciales	5	8	40	Importante	Si Cuantitativa	importante
S	Transporte de plumas	Rutinaria	x		Operativo de planta	5	Partes móviles del equipo Tornillos secundarios tola plumas	Intervención sin bloqueo, cercanía a partes móviles sin protecció	Atrapamientos, cortes, amputaciones, golpes	Presencia de protecciones físicas parciales	5	8	40	Importante	Si Cuantitativa	importante
S	Transporte de vísceras	Rutinaria	x		Operativo de planta	5	Partes móviles del equipo Tornillos principales tola vísceras	Intervención sin bloqueo, cercanía a partes móviles sin protecció	Atrapamientos, cortes, amputaciones, golpes	Presencia de protecciones físicas parciales	5	8	40	Importante	Si Cuantitativa	importante
S	Alimentación a digestores	Rutinaria	x		Operativo de planta	5	Partes móviles del equipo Tornillo alimentación cookers	Intervención sin bloqueo, cercanía a partes móviles sin protecció	Atrapamientos, cortes, amputaciones, golpes	Presencia de protecciones físicas parciales	5	8	40	Importante	Si Cuantitativa	importante
S	Distribución de carga	Rutinaria	x		Operativo de planta	5	Partes móviles del equipo Tornillo distribución cookers	Intervención sin bloqueo, cercanía a partes móviles sin protecció	Atrapamientos, cortes, amputaciones, golpes	Presencia de protecciones físicas parciales	5	8	40	Importante	Si Cuantitativa	importante
S	Descarga de harina	Rutinaria	x		Operativo de planta	5	Partes móviles del equipo Tornillo salida cooker 3	Intervención sin bloqueo, cercanía a partes móviles sin protecció	Atrapamientos, cortes, amputaciones, golpes	Presencia de protecciones físicas parciales	5	8	40	Importante	Si Cuantitativa	importante
S	Transporte hacia molino	Rutinaria	x		Operativo de planta	5	Partes móviles del equipo Tornillo percolador	Intervención sin bloqueo, cercanía a partes móviles sin protecció	Atrapamientos, cortes, amputaciones, golpes	Presencia de protecciones físicas parciales	3	8	24	Moderado	Si Cuantitativa	importante
S	Alimentación al molino	Rutinaria	x		Operativo de planta	5	Partes móviles del equipo Tornillo alimentación molino	Intervención sin bloqueo, cercanía a partes móviles sin protecció	Atrapamientos, cortes, amputaciones, golpes	Presencia de protecciones físicas parciales	3	8	24	Moderado	Si Cuantitativa	importante
S	Molienda de harina	Rutinaria	x		Operativo de planta	5	Partes móviles del equipo Molino	Intervención sin bloqueo, cercanía a partes móviles sin protecció	Atrapamientos, cortes, amputaciones, golpes	Presencia de protecciones físicas parciales	3	8	24	Moderado	Si Cuantitativa	importante
S	Alimentación a zaranda	Rutinaria	x		Operativo de planta	5	Partes móviles del equipo Tornillo alimentación zaranda	Intervención sin bloqueo, cercanía a partes móviles sin protecció	Atrapamientos, cortes, amputaciones, golpes	Presencia de protecciones físicas parciales	3	8	24	Moderado	Si Cuantitativa	importante
S	Ensayado y zarandeo	Rutinaria	x		Mantenimiento	3	Partes móviles del equipo Tolda de ensacado y zaranda	Intervención sin bloqueo, cercanía a partes móviles sin protecció	Atrapamientos, cortes, amputaciones, golpes	Presencia de protecciones físicas parciales	5	8	40	Importante	Si Cuantitativa	importante

Nota. La figura presenta una matriz IPER correspondiente a actividades rutinarias en una planta avícola, centrada en el análisis de riesgos mecánicos por partes móviles de equipos como tamices, tolas, prensas y tornillos transportadores. Se identifican peligros como atrapamientos, cortes y amputaciones por intervención sin bloqueo y cercanía a partes sin protección, con controles parciales.

Análisis de riesgos por energía eléctrica mediante matriz IPER

El análisis IPER evidenció que el control de energía eléctrica en la planta de rendering presenta deficiencias críticas. Actualmente, la práctica común es apagar los equipos únicamente desde los tableros eléctricos, sin aplicación de procedimientos LOTO ni verificación de la ausencia de energía residual.

Este enfoque informal aumenta el riesgo de descarga eléctrica, especialmente durante tareas de mantenimiento y en intervenciones en equipos de difícil acceso. El riesgo es elevado considerando que muchos equipos operan con motores trifásicos y tableros de control de alta potencia.

Los procesos más relevantes identificados incluyen:

- **Tamiz y prensa de plumas:** riesgo de descarga durante intervención sin aislamiento adecuado.
- **Tolvas de vísceras y harina, tanque de sangre:** manipulación de equipos eléctricos en condiciones húmedas o con exposición a fluidos.
- **Digestores y sistemas asociados:** riesgo en la manipulación de motores y sistemas de control.
- **Molino, zaranda y aerocondensadores:** intervenciones frecuentes sin bloqueo de energía.
- **Equipos de intercambio de calor:** tareas de mantenimiento en condiciones de riesgo eléctrico elevado.

Las medidas de control actuales son **insuficientes**: no se implementa bloqueo físico ni etiquetado, y los operarios no realizan pruebas de ausencia de tensión. La severidad de este riesgo ha sido clasificada entre **bajo** a **crítico**, dependiendo del equipo y del contexto de la intervención.

Se recomienda implementar de manera prioritaria procedimientos LOTO formales para los equipos eléctricos, capacitar al personal en técnicas seguras de bloqueo, y reforzar la señalización en tableros y zonas de riesgo eléctrico.

A continuación, se presenta un ejemplo representativo de la matriz IPER aplicada a los riesgos eléctricos de la planta:

Se desarrolló una matriz IPER (Identificación de Peligros y Evaluación de Riesgos) que permitió clasificar los equipos según su nivel de peligrosidad y frecuencia de intervención. Se utilizaron criterios de severidad, probabilidad y nivel de exposición para evaluar los riesgos. Entre los hallazgos se destacan los siguientes:

- Los digestores presentan riesgo térmico por contacto con vapor y superficies calientes.
- Los molinos generan riesgo mecánico por atrapamiento.
- Los tableros eléctricos tienen alto riesgo de descarga eléctrica.
- Las bombas de grasa pueden generar salpicaduras o presión hidráulica residual.

Cada riesgo fue calificado según su nivel de impacto, y se establecieron medidas de control correctivo y preventivo. Esta matriz sirvió como base para definir qué equipos requieren obligatoriamente fichas de bloqueo personalizadas

Figura 9

Matriz IPER Análisis de riesgos por energía eléctrica

TIPO de RILA	PROCESO	ACTIVIDAD (Rutinaria - No Rutinaria)	POR EMPRESA	POR E SERVICIO	PUESTO DE TRABAJO (ocupación)	N° TRABAJADORES	PELIGROS		INCIDENTES POTENCIAL	MEDIDA DE CONTROL	EVALUACIÓN DE RIESGOS					
							FUENTE, SITUACIÓN	ACTO			SEGURIDAD				HIGIENE OCUPACIONAL	
											Probabilidad (P)	Severidad (S)	Evaluación del Riesgo	Nivel de Riesgo	Existe Evaluación de Riesgo	Nivel de Riesgo
S	Tamizado de plumas	Rutinaria	x		Operativo de planta	5	Energía eléctrica del equipo Tamiz de plumas	Manipulación sin aislamiento eléctrico	Descarga eléctrica	Son informales (solo apagar desde el tablero)	3	6	18	Bajo	Si Cuantitativa	bajo
S	Prensado de plumas	Rutinaria	x		Operativo de planta	5	Energía eléctrica del equipo Prensa de plumas	Manipulación sin aislamiento eléctrico	Descarga eléctrica	Son informales (solo apagar desde el tablero)	3	8	24	Moderado	Si Cuantitativa	importante
S	Almacenamiento temporal de plumas	Rutinaria	x		Operativo de planta	5	Energía eléctrica del equipo Tolva de plumas	Manipulación sin aislamiento eléctrico	Descarga eléctrica, paro cardíaco	Son informales (solo apagar desde el tablero)	3	8	24	Moderado	Si Cuantitativa	importante
S	Almacenamiento temporal de vísceras	Rutinaria	x		Operativo de planta	5	Energía eléctrica del equipo Tolva de vísceras	Manipulación sin aislamiento eléctrico	Descarga eléctrica, paro cardíaco	Son informales (solo apagar desde el tablero)	3	8	24	Moderado	Si Cuantitativa	importante
S	Transferencia de sangre	Rutinaria	x		Operativo de planta	5	Energía eléctrica del equipo Tanque de sangre	Manipulación sin aislamiento eléctrico	Descarga eléctrica	Son informales (solo apagar desde el tablero)	3	6	18	Bajo	Si Cuantitativa	bajo
S	Alimentación a digestores	Rutinaria	x		Operativo de planta	5	Energía eléctrica del equipo Tornillo de alimentación	Manipulación sin aislamiento eléctrico	Descarga eléctrica	Son informales (solo apagar desde el tablero)	3	6	18	Bajo	Si Cuantitativa	bajo
S	Distribución de materia a digestores	Rutinaria	x		Operativo de planta	5	Energía eléctrica del equipo Tornillo de distribución	Manipulación sin aislamiento eléctrico	Descarga eléctrica	Son informales (solo apagar desde el tablero)	5	6	30	Moderado	Si Cuantitativa	importante
S	Elevación de materia prima ensacada	Rutinaria	x		Operativo de planta	5	Energía eléctrica del equipo Tecele	Manipulación sin aislamiento eléctrico	Descarga eléctrica	Son informales (solo apagar desde el tablero)	3	4	12	Bajo	Si Cuantitativa	bajo
S	Cocción de subproductos	Rutinaria	x		Operativo de planta	5	Energía eléctrica del equipo Digestores 1, 2 y 3	Manipulación sin aislamiento eléctrico	Descarga eléctrica, paro cardíaco	Son informales (solo apagar desde el tablero)	5	8	40	Importante	Si Cuantitativa	importante
S	Transporte de harina	Rutinaria	x		Operativo de planta	5	Energía eléctrica del equipo Tomillos de alimentación (zaranda)	Manipulación sin aislamiento eléctrico	Descarga eléctrica	Son informales (solo apagar desde el tablero)	3	6	18	Bajo	Si Cuantitativa	bajo
S	Enfriamiento de harina	Rutinaria	x		Operativo de planta	5	Energía eléctrica del equipo Resfriador de harina	Manipulación sin aislamiento eléctrico	Descarga eléctrica	Son informales (solo apagar desde el tablero)	3	8	24	Moderado	Si Cuantitativa	importante
S	Molienda de harina	Rutinaria	x		Operativo de planta	5	Energía eléctrica del equipo Molino de harina	Manipulación sin aislamiento eléctrico	Descarga eléctrica	Son informales (solo apagar desde el tablero)	3	8	24	Moderado	Si Cuantitativa	importante
S	Tamizado de harina	Rutinaria	x		Operativo de planta	5	Energía eléctrica del equipo Zaranda	Manipulación sin aislamiento eléctrico	Descarga eléctrica	Son informales (solo apagar desde el tablero)	3	6	18	Bajo	Si Cuantitativa	bajo
S	Condensación de vapores	No Rutinaria	x		Mantenimiento	3	Energía eléctrica del equipo Aerocondensadores 1 y 2	Manipulación sin aislamiento eléctrico	Descarga eléctrica	Son informales (solo apagar desde el tablero)	5	8	40	Importante	Si Cuantitativa	importante
S	Enfriamiento de agua	No Rutinaria	x		Mantenimiento	3	Energía eléctrica del equipo Torre de enfriamiento	Manipulación sin aislamiento eléctrico	Descarga eléctrica	Son informales (solo apagar desde el tablero)	3	6	18	Bajo	Si Cuantitativa	bajo
S	Intercambio de calor	No Rutinaria	x		Mantenimiento	3	Energía eléctrica del equipo Intercambiador de calor de tubos	Manipulación sin aislamiento eléctrico	Descarga eléctrica	Son informales (solo apagar desde el tablero)	3	6	18	Bajo	Si Cuantitativa	bajo

Nota. La figura muestra una matriz IPER enfocada en la identificación de riesgos eléctricos durante actividades rutinarias y no rutinarias en una planta avícola.

Se destacan peligros como manipulación sin aislamiento, exposición a energía eléctrica de equipos operativos y mantenimiento, con consecuencias como descarga eléctrica y paro cardíaco.

Aplicación de la herramienta QFD para el diseño del sistema LOTO y señalización

Como parte de la metodología de diseño técnico, se aplicó la herramienta QFD (Quality Function Deployment), también conocida como Casa de la Calidad, con el fin de traducir las necesidades operativas y de seguridad de los usuarios (personal técnico, operarios y supervisores) en requerimientos técnicos funcionales para el diseño del sistema de bloqueo, etiquetado y señalización.

En la fase de levantamiento, se identificaron los requerimientos de los usuarios mediante observación directa y entrevistas informales al personal de mantenimiento, operación y jefatura de planta. Las principales necesidades expresadas fueron: evitar accidentes por activación accidental, identificar fácilmente los equipos energizados, disponer de dispositivos de bloqueo fáciles de usar, contar con señalización visible y tener procedimientos simples pero claros para intervenir maquinaria. Estas necesidades fueron codificadas como atributos del cliente en la matriz.

A partir de estos atributos, se establecieron las características técnicas que debe cumplir el sistema propuesto: instalación de candados dieléctricos en cada equipo, diseño de fichas técnicas codificadas, incorporación de etiquetas de advertencia con códigos QR, uso de señalética conforme a norma ISO 3864, y capacitación validada mediante simulacros. Luego se evaluó el grado de correlación entre cada necesidad del usuario y las características técnicas, clasificando la fuerza de relación en alta (●), media (○) o baja (Δ).

El análisis permitió identificar qué requerimientos técnicos impactan en mayor medida sobre la satisfacción del usuario, siendo prioritarios: la visibilidad de la señalética, la codificación por equipo y la facilidad de uso del bloqueo. Además, se asignó un peso relativo a cada necesidad según su importancia percibida, lo que ayudó a establecer prioridades para la implementación del modelo.

La matriz QFD generada se presenta a continuación:

Tabla 3.
Matriz QFD

Necesidades del usuario	Peso	Candados dieléctricos	Fichas codificadas	Señales ISO 3864	Etiquetas con QR	Capacitación práctica
Evitar activación accidental	5	●	○	○	●	●
Identificación clara de equipos energizados	4	○	●	●	●	○
Fácil uso de los dispositivos de bloqueo	4	●	○	Δ	○	●
Señalética visible y normalizada	5	Δ	○	●	○	○
Procedimientos simples para intervenir equipos	3	○	●	Δ	○	●

Nota: ● Relación fuerte, ○ Relación media, Δ Relación débil

Fuente: Elaboración propia 2025

En la Tabla 3 se sintetiza la aplicación de QFD (Casa de la Calidad) para traducir necesidades operativas de usuarios, evitar activaciones accidentales, identificar equipos energizados, facilidad de uso, señalética visible y procedimientos simples, en requisitos técnicos del sistema LOTO y señalización. Las relaciones (● fuerte, ○ media, Δ débil) permiten priorizar intervenciones; el análisis resultante orienta primero a fichas codificadas por equipo, señalización conforme NTE INEN 3864 y entrenamientos prácticos, asegurando que las decisiones de compra e implementación respondan a la voz del usuario y al contexto real de operación.

Como resultado del análisis, se priorizó el desarrollo de fichas codificadas por equipo, la adquisición de señalización estandarizada y la validación del sistema mediante entrenamientos prácticos. Esta herramienta permitió asegurar que el diseño técnico responda efectivamente a las

expectativas y condiciones del entorno laboral, mejorando la aceptación del sistema y la probabilidad de éxito en su implementación progresiva.

La priorización en la Casa de la Calidad parte de dos entradas: la importancia que el usuario asigna a cada necesidad y la fuerza con que cada característica técnica satisface esa necesidad. Para cuantificar la fuerza se utiliza el mapeo habitual “●=9, ○=3, △=1”. Con ello, el valor técnico de cada característica se calcula como suma ponderada: $V_j = \text{sumatoria sobre } i \text{ de } (\text{Peso}_i \times \text{Rel}_{ij})$. Dicho en palabras: para cada columna “j” (por ejemplo, candados dieléctricos) se multiplican los pesos de las necesidades por la relación de esa columna con cada necesidad y luego se suman todos esos productos. Si se desea expresar en porcentaje comparable entre columnas, se puede normalizar con $V_j^* = 100 \times V_j / \text{sumatoria sobre } i \text{ de } (\text{Peso}_i \times 9)$, porque 9 es la relación máxima posible (●).

Ese valor V_j se convierte en prioridad de ejecución cuando se incorpora la urgencia del riesgo IPER y la factibilidad de llevar la solución a planta. Para ello se usa un índice operativo que combina valor, criticidad y esfuerzo: $IPI_j = (V_j \times k) / E$. Aquí “k” es un factor de criticidad derivado del nivel IPER del equipo o proceso donde se aplicará la mejora (por ejemplo, $k=1,0$ si el riesgo es Bajo, $k=1,2$ si es Moderado, $k=1,5$ si es Importante, $k=1,8$ si es Crítico) y “E” representa el esfuerzo relativo para implementar la solución (por ejemplo, $E = \text{costo_relativo} + \text{lead_time_relativo}$, ambos en la misma escala; si se prefiere ponderar, $E = w_1 \times \text{costo} + w_2 \times \text{tiempo}$ con $w_1 + w_2 = 1$). La lectura práctica es directa: a mayor V_j y mayor k, sube la prioridad; a mayor E, baja la prioridad.

Un ejemplo breve ilustra el mecanismo sin salir de su matriz. Para la necesidad “evitar activación accidental” con peso 5, la contribución parcial de “candados dieléctricos” es $5 \times 9 = 45$, la de “fichas codificadas” $5 \times 3 = 15$, la de “señales NTE INEN 3864” $5 \times 3 = 15$, la de “etiquetas

con QR” $5 \times 9 = 45$ y la de “capacitación práctica” $5 \times 9 = 45$; esas contribuciones se suman con las de las demás filas para obtener V_j de cada solución. Supóngase que tras sumar todas las filas se obtiene $V_{\text{candados}} = 210$ y $V_{\text{capacitación}} = 228$; si el equipo objetivo está clasificado como Importante en IPER ($k=1,5$) y el esfuerzo es menor para capacitación que para candados (por ejemplo, $E_{\text{capacitación}} = 2$ y $E_{\text{candados}} = 3$), entonces $IPI_{\text{capacitación}} = (228 \times 1,5)/2 = 171$ y $IPI_{\text{candados}} = (210 \times 1,5)/3 = 105$; de ahí la decisión: entrenar primero sobre procedimientos ya estandarizados y, en paralelo, abastecer e instalar los candados conforme llegan los lotes.

Cuando dos alternativas muestran valores cercanos, la matriz contempla el efecto de paquetes y sinergias sin complicar el modelo: si dos entregables se refuerzan entre sí (por ejemplo, fichas codificadas y capacitación práctica), se planifica su despliegue conjunto; en términos del índice puede reflejarse con un pequeño multiplicador de coherencia s (por ejemplo, $IPI_{\text{paquete}} = s \times [(V_{j1} \times k)/E1 + (V_{j2} \times k)/E2]$, con s entre 1,00 y 1,10 según evidencia de mejora operativa). Así, la QFD no solo ordena “qué vale más”, sino que guía “qué va primero, dónde y con qué combinación”, cerrando el ciclo entre la voz del usuario, el riesgo real y la ejecución en planta.

Área de estudio

Dominio: Tecnología, sociedad y hábitat sostenible

Línea de investigación: Seguridad, salud laboral y ambiente

sublínea: Diseño y administración del sistema de seguridad y salud del trabajo.

Aspecto: Ingeniería industrial

Área: Empresa del sector alimenticio avícola

Objeto de estudio: Diseño del sistema de bloqueo, etiquetado y señalización de seguridad (LOTO) para el control de energías peligrosas en la planta de rendering de una empresa avícola

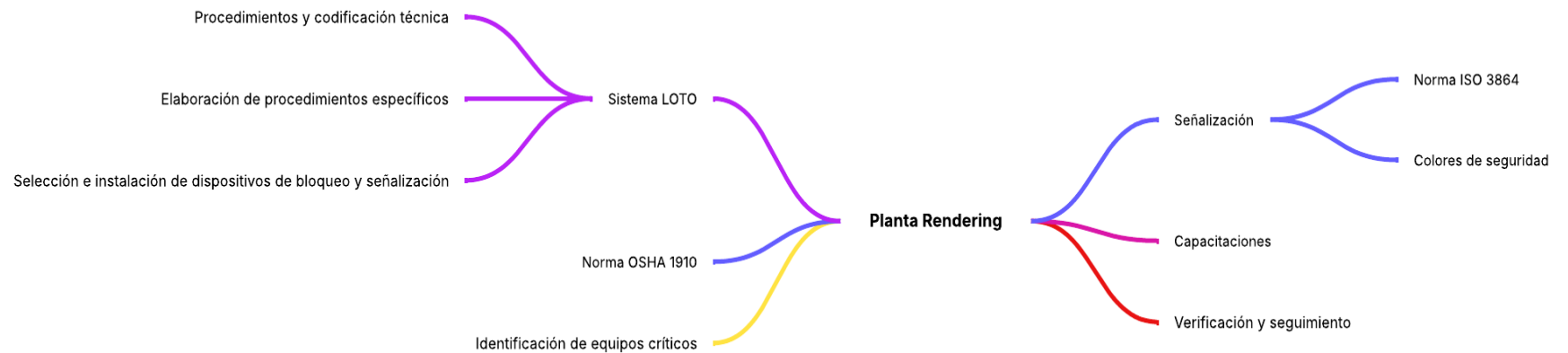
Período de evaluación: Enero – agosto 2025

Modelo Operativo

El modelo contempla un ciclo continuo de identificación, control, capacitación, y verificación, permitiendo una adaptación progresiva de la organización hacia niveles superiores de madurez en seguridad operativa.

Figura 10

Modelo Operativo - Planta Rendering



Nota. La Imagen muestra un diagrama del Modelo Operativo de la Plante rendering

Desarrollo del modelo operativo

El presente diseño del sistema LOTO contempla un modelo operativo estructurado que permitirá a la planta de rendering gestionar de manera integral los riesgos asociados a energías peligrosas.

Este modelo, diseñado a partir del análisis de la situación actual de la planta y del desarrollo de la matriz IPER, propone una metodología progresiva que facilite su adopción y asegure su eficacia a largo plazo.

El diseño del modelo operativo para la implementación del sistema LOTO y la señalización de seguridad en la planta de rendering se estructura a partir de tres ejes fundamentales: la aplicación del sistema de bloqueo y etiquetado conforme a la norma OSHA 1910.147, la implementación de un sistema de señalización basado en la norma ISO 3864, y la asignación de procedimientos codificados por ficha técnica para cada equipo identificado como crítico.

Planta Rendering como núcleo operativo

La Planta Rendering constituye el escenario operativo donde se desarrollará la propuesta técnica, siendo una unidad industrial que transforma subproductos avícolas en harinas y grasas animales mediante procesos térmicos, mecánicos, eléctricos e hidráulicos. Debido a la naturaleza continua y riesgosa de sus operaciones, este entorno exige un modelo de control riguroso, orientado a garantizar la seguridad del personal técnico y operativo, particularmente en tareas de intervención, inspección y mantenimiento.

Sistema LOTO (Lockout/Tagout) - Norma OSHA 1910.147

El Sistema LOTO, estructurado bajo los lineamientos de la norma OSHA 1910.147, se establece como la herramienta principal para el control de energías peligrosas, asegurando el aislamiento físico de equipos antes de cualquier intervención. Su implementación contempla la identificación

de fuentes energéticas, el uso de dispositivos de bloqueo específicos como candados dieléctricos o grilletes ajustables, y la aplicación de tarjetas de advertencia personalizadas que impiden el arranque accidental de maquinaria.

Sistema de señalización de seguridad - Norma NTE INEN ISO -3864

La Señalización, conforme a los criterios establecidos por la norma NTE INEN-ISO 3864, complementa al sistema LOTO mediante la instalación de elementos visuales normalizados que refuerzan la prevención de riesgos y la identificación clara de zonas críticas. Se utilizan colores como el rojo, amarillo y azul para comunicar peligro, advertencia u obligación respectivamente, así como pictogramas de alto reconocimiento y leyendas técnicas que orientan al trabajador en todo momento.

Procedimientos y codificación técnica

El Desarrollo del modelo operativo integra estos componentes en una estructura metodológica adaptada a la realidad técnica de la planta, organizando la implementación en fases interrelacionadas que comprenden la identificación de equipos críticos, evaluación de riesgos mediante matriz IPER, elaboración de procedimientos normalizados, instalación de dispositivos y señalética, capacitación del personal y seguimiento mediante auditorías internas. Este desarrollo garantiza una transición progresiva hacia estándares superiores de control operativo y seguridad laboral.

Las Fichas técnicas por equipo, identificadas con un código único, constituyen el soporte documental que facilita la ejecución correcta del sistema. Cada ficha contiene la información detallada del equipo, sus fuentes de energía, pasos del procedimiento LOTO, dispositivos requeridos, señalización correspondiente y verificación post-bloqueo. Estas fichas estarán disponibles en formato físico y digital, accesibles para el personal en estaciones de seguridad,

garantizando trazabilidad, cumplimiento normativo y reacción efectiva frente a auditorías internas o externas.

Identificación de equipos críticos y fuentes de energía

El diseño contempla la elaboración de un levantamiento completo de los equipos e instalaciones de la planta, con el objetivo de identificar aquellos que contienen fuentes de energía potencialmente peligrosas (eléctrica, térmica, mecánica, hidráulica).

Como resultado, se propone generar un inventario técnico detallado, el cual servirá de base para definir las acciones de control y el diseño de los procedimientos específicos de bloqueo y etiquetado.

Elaboración de procedimientos específicos LOTO

Como parte del diseño propuesto, se plantea el desarrollo de procedimientos normalizados y documentados para cada equipo o grupo de equipos, que definan de forma clara y precisa los pasos a seguir para el aislamiento, bloqueo, etiquetado y verificación segura de las energías peligrosas.

Estos procedimientos formarán el núcleo operativo del sistema LOTO diseñado y contemplarán la identificación de puntos de bloqueo, la selección de dispositivos adecuados y las instrucciones para la liberación segura de los equipos intervenidos.

Selección e instalación de dispositivos de bloqueo y señalización

El diseño contempla la selección de dispositivos de bloqueo físico acordes a las características técnicas de los equipos de la planta (candados dieléctricos, bloqueadores de disyuntores, grilletos ajustables, entre otros), así como el diseño e instalación de señalización visual conforme a la norma NTE INEN 2266.

Se propone que cada punto de bloqueo esté claramente identificado mediante etiquetas de advertencia y señalización fija que informe sobre la condición de bloqueo.

Capacitación del personal

Dentro del presente diseño, se plantea la implementación de un programa de capacitación técnica dirigido a todo el personal operativo, de mantenimiento y de supervisión, con el fin de garantizar la correcta comprensión y aplicación de los procedimientos LOTO.

El diseño del programa contempla la inclusión de conceptos básicos del sistema LOTO, ejercicios prácticos, simulaciones y evaluaciones que permitan validar la competencia del personal en la aplicación segura del sistema.

Verificación y seguimiento

Finalmente, el diseño propuesto establece la necesidad de incorporar un sistema de auditorías internas periódicas que permitan evaluar el nivel de cumplimiento de los procedimientos LOTO y la eficacia de las medidas implementadas.

Asimismo, se plantea la inclusión de un mecanismo de retroalimentación continua, a través del cual se ajusten y mejoren los procedimientos a partir de la experiencia operativa y de los resultados de las auditorías.

Con este enfoque, el diseño del modelo operativo para el sistema LOTO busca establecer una base sólida y sostenible que permita a la planta de rendering avanzar progresivamente hacia la reducción de riesgos asociados a energías peligrosas, promoviendo una cultura de seguridad preventiva en todos los niveles de la organización.

Capítulo III

Propuesta y Resultados esperados

Presentación de la propuesta

La propuesta desarrollada constituye el trabajo final tangible del presente proyecto de titulación y está orientada al diseño técnico del sistema LOTO (Lockout/Tagout) y de un sistema complementario de señalización de seguridad para la planta de rendering de una empresa del sector alimenticio avícola. Este estudio se enmarca en la línea de investigación de *Seguridad, Salud Laboral y Ambiente* de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Indoamérica.

El proyecto responde a la necesidad crítica de prevenir accidentes laborales en ambientes industriales mediante la correcta identificación de riesgos, aplicación de controles técnicos y administrativos, y estandarización de procedimientos de seguridad. En este contexto, el sistema de bloqueo y etiquetado (LOTO) se constituye como una herramienta fundamental para el control de energías peligrosas durante actividades de mantenimiento, limpieza e inspección.

Además, la investigación contribuye a fortalecer la cultura de seguridad industrial dentro de la planta, alineándose con los principios de mejora continua, cumplimiento normativo y responsabilidad social empresarial.

Este diseño responde directamente a las necesidades operativas, normativas y de seguridad detectadas en el diagnóstico inicial, y se materializa en los siguientes productos concretos:

- **Manual técnico del sistema LOTO**, que contiene los fundamentos normativos, políticas internas, responsabilidades, alcance, metodología de aplicación, formatos y controles internos.

1. INTRODUCCIÓN

El presente manual pretende detallar el procedimiento necesario para el uso de los equipos de la Planta de rendering

OBJETIVOS

Objetivo General

Realizar una guía para el uso de equipos y máquinas de la Planta de rendering

1.1.Objetivos Específicos

- Levantar y documentar información acerca de los procedimientos para utilizar cada uno de los equipos.
- Definir el procedimiento para utilizar cada uno de los equipos de forma adecuada.
- Proporcionar al usuario la información necesaria para utilizar los equipos del área operativa de la planta.
- Establecer procedimientos de acceso y manipulación seguro de máquinas y equipos.

2. ALCANCE

El presente manual contiene información acerca de las máquinas y equipos del área operativa de la Planta de rendering, donde se establece un método estándar para hacer uso de los mismos. Por medio de este documento, se pretende informar al usuario acerca del funcionamiento de cada uno de estos, para que puedan ser utilizados de forma adecuada y segura, cumpliendo con las funciones para las cuales han sido adquiridos.

3. GENERALIDADES

3.1. Presentación de la empresa

La empresa dedicada a la producción y procesamiento de productos avícolas cuenta en sus procesos con estándares de calidad y tecnología de punta que le permite estar al frente de este sector.

3.2. Misión

Producir alimentos de excelencia, mejorando la calidad de vida de nuestros colaboradores, clientes y proveedores.

3.3. Visión

Ser líder en el mercado latinoamericano.

3.4. Valores Corporativos

- Confianza.
- Liderazgo.
- Contribución.
- Integridad.
- Respeto.
- Afecto.

4. DIAGNÓSTICO DE EQUIPOS Y RIESGOS

En una industria de alto flujo de operación por lo general afecta de manera constante a la operatividad de la maquinaria, este factor de riesgo está directamente relacionado con el mantenimiento de máquinas, equipos y herramientas de trabajo. Como medida de control para prevenir este tipo de accidentes. La empresa debe asegurar que todas las actividades de operación y mantenimiento sean seguras.

4.1.RIESGO LABORAL

Un riesgo laboral se refiere a la posibilidad de que un trabajador sufra un determinado daño derivado del trabajo. Esto puede incluir enfermedades, patologías o lesiones sufridas con motivo u ocasión del trabajo. La prevención de riesgos laborales implica el conjunto de actividades o medidas adoptadas para evitar o disminuir los riesgos derivados del trabajo.

4.2.Tipos de riesgos

1. **Riesgos de seguridad:** Son aquellos factores o circunstancias del entorno, presente en una actividad laboral, dentro o fuera de una locación, con probabilidad de causar daño o lesión al trabajador debido a la exposición a estos.
2. **Riesgos biológicos:** Relacionados con la exposición a agentes biológicos como bacterias, virus u otros microorganismos que pueden causar enfermedades.
3. **Riesgos físicos:** Comprenden factores como el ruido, las vibraciones, la iluminación inadecuada, la exposición a temperaturas extremas, entre otros.
4. **Riesgos ergonómicos:** Se refieren a las condiciones de trabajo que pueden causar fatiga, estrés o lesiones musculoesqueléticas debido a posturas inadecuadas, movimientos repetitivos, entre otros.
5. **Riesgos químicos:** Incluyen la exposición a sustancias químicas peligrosas que pueden causar daños a la salud, como intoxicaciones, irritaciones o alergias.
6. **Riesgos psicosociales:** Relacionados con factores como el estrés laboral, la carga de trabajo, el acoso laboral, la violencia en el trabajo, entre otros aspectos que afectan la salud mental y emocional de los trabajadores.

7. **Riesgos ambientales:** Involucran factores del entorno laboral como incendios, explosiones, radiaciones, entre otros, que pueden representar un peligro para la seguridad y la salud de los trabajadores.

4.3.RIESGO OPERACIONAL

El riesgo operacional se refiere a toda posible contingencia que pueda provocar pérdidas a una empresa a causa de errores humanos, errores tecnológicos, procesos internos defectuosos o fallidos, o a raíz de acontecimientos externos como fraudes, accidentes o desastres. Este tipo de riesgo es inherente a todos los sistemas y procesos realizados por humanos.

5. INFORMACIÓN TÉCNICA

Para el manejo de maquinaria industrial de forma segura se deben crear protocolos de acceso seguro a las máquinas y equipos, cuando se debe intervenir por cuestiones de mantenimiento, operación normal o fallas durante la operación.

El sistema Safety Access to Machine (SAM, por sus siglas en inglés) o Acceso Seguro a las Máquinas se refiere a la necesidad de crear estos protocolos de acceso para prevenir accidentes del trabajo por medio del control de energías peligrosas, aplicando un procedimiento de bloqueo como se detalla a continuación:

- **Lock Out (Bloquear):** Colocar un candado que bloquee los dispositivos de aislamiento de energías de una máquina o equipo.
- **Tag Out (Etiquetar):** Colocar una tarjeta de identificación del trabajador que ha bloqueado los dispositivos de aislamiento de energías, notificando, además la prohibición de accionar el dispositivo bloqueado.
- **Try Out (Probar):** Comprobar que el equipo que se está interviniendo ha sido desenergizado correctamente, que no hay presencia de energías residuales en las

mismas, y que por lo tanto no existe la posibilidad de que se presente un arranque inesperado durante la manipulación.

Al procedimiento de bloqueo (LO-Lock Out) y etiquetado (TO-Tag Out) se lo conoce como LOTO y puede ser complementado con el despeje y prueba segura (TO-Try Out) del estado de cero energía primaria y secundaria en la máquina o equipo para poderla intervenir, conformando el sistema LOTO/TO.

El concepto del sistema LOTO/TO es en realidad obtener un sistema eficiente para la identificación, análisis y control de energías peligrosas que contribuya a evitar graves accidentes y anomalías en el trabajo. Este sistema de gestión se basa en un programa, política específica, cumplimiento de la normativa aplicable, identificación de energías peligrosas en cada puesto de trabajo, registro de riesgos por tipo, desarrollo y aplicación de procedimientos para el control de riesgos, creación de listas de chequeo, capacitación y entrenamiento de trabajadores expuestos.

Para la aplicación del sistema descrito, Pofasa entrega una ficha de técnica de cada uno de los equipos, con la identificación de sus energías de alimentación (energías que deben ser consideradas en el procedimiento), procedimiento normal de funcionamiento, riesgos asociados a su operación y procedimientos de control de riesgos, junto con un semáforo de riesgos.

El trabajador deberá conocer a detalle las herramientas facilitadas en este manual para utilizar como base del sistema SAM (Safety Access to Machine o Acceso Seguro a las Máquinas), realizando el siguiente procedimiento:

Leer detenidamente la ficha técnica del equipo antes de proceder a su operación.

Conocer a detalle las energías de alimentación del equipo para poderlas desenergizar en caso de un fallo operacional o mantenimiento programado.

Comprender a detalle los riesgos y tipos asociados a cada proceso, junto con sus procedimientos de control, detallados en los semáforos de riesgos, que se leen de la siguiente manera:

Rojo: El operario debe reportar al área líder para entregar la responsabilidad al área calificada para la inspección y mantenimiento.

Amarillo: El operario puede realizar la inspección y acción correctiva con precaución, siguiendo a cabalidad el procedimiento SAM y de control de riesgo.

Verde: El operario puede realizar la inspección y acción correctiva de forma normal, como se detalla en el procedimiento de control de riesgo.

Fichas técnicas codificadas por equipo, que detallan paso a paso el procedimiento de bloqueo, etiquetado y verificación para cada equipo crítico de la planta (digestores, molinos, tamices, bombas, tableros, entre otros).

Ejemplo práctico: Aplicación del sistema LOTO y señalización de seguridad en el Tamiz de Plumas

Como parte del diseño técnico propuesto, se desarrolló una aplicación práctica del sistema LOTO y señalización de seguridad en el tamiz de plumas, equipo crítico de la planta de rendering, encargado de escurrir las plumas que provienen del área de faenamiento de cárnicos. A continuación, se describe detalladamente el proceso conforme a los lineamientos técnicos de seguridad y bajo el cumplimiento normativo de la OSHA 1910.147 y la NTE INEN 3864.

Características del equipo

- Nombre del equipo: Tamiz de plumas
- Marca: CHEMEQUIP
- Modelo del motor: SESAME G13H
- Año de montaje: 2015

- Voltaje: 110 / 220 V
- Potencia del motor: 1 HP
- Frecuencia: 60 Hz
- Velocidad del motor: 56 RPM
- Material de fabricación: Acero inoxidable y estructura metálica

Este equipo forma parte de la línea de escurrido y separación mecánica de residuos sólidos y líquidos del subproceso de rendering.

Fuentes de energía

Las fuentes de energía identificadas para este equipo son:

- Eléctrica: Breaker principal ubicado en el tablero SP-TP-03.
- Control remoto: Tablero de operación SP-TR-02.

Funcionamiento del equipo

El equipo opera mediante un sistema rotativo que activa un eje con malla perforada, separando las plumas del exceso de agua. El control se realiza desde el tablero SP-TR-02, que incluye pulsadores de encendido y apagado, así como un botón de paro de emergencia

Riesgos presentes en el equipo

Los riesgos asociados de este equipo se clasifican en dos categorías:

Operacionales:

- Sobrecarga del producto
- Caída de tensión
- Sobrecarga eléctrica

Seguridad y salud ocupacional:

- Atrapamiento de extremidades en partes móviles

- Descarga eléctrica
- Caídas de diferente nivel
- Exposición a bacterias (riesgo biológico)

Equipo de protección personal requerido

Según la matriz IPER y las normas de seguridad aplicables, los operarios deben portar obligatoriamente el siguiente equipo de protección personal (EPP):





- Botas de seguridad
- Mascarilla protectora
- Protector auditivo

Señalética del equipo

La señalización fue diseñada conforme a la norma NTE INEN 3864, utilizando materiales resistentes al ambiente industrial y ubicándolos estratégicamente para garantizar su visibilidad. A continuación, se detalla la señalética implementada:

Tabla 4.
Señalética del equipo

Tipo de señal	Contenido	Ubicación	Evidencia
Advertencia	Peligro: partes móviles – riesgo de atrapamiento	Tamiz de plumas	 
Advertencia	Peligro: riesgo eléctrico	Tablero eléctrico de tamiz de plumas	
Advertencia	Peligro: riesgo biológico	Área de recepción de vísceras	 
Advertencia	Peligro: superficie caliente – riesgo térmico, peligro alta temperatura	Digestores (zona frontal y lateral)	 
Advertencia	Peligro: espacio confinado	Digestores (zona inferior)	 
Advertencia	Peligro: equipos a presión	Digestores y líneas de vapor	 

Advertencia	Alto nivel de ruido	Área entre precolector de harina y digestores	
Advertencia	Peligro: caída a distinto nivel	Plataforma junto a aerocondensador	
Advertencia	Peligro: riesgo térmico, peligro alta temperatura	Cookers y tuberías de vapor	
Advertencia	Peligro: atrapamiento por tornillos	Tornillo alimentación molino y zaranda	
Advertencia	Peligro: riesgo de atrapamiento	Molino y precolador de harina	
Advertencia	Peligro: alta temperatura	Precolador de harina	
Advertencia	Peligro: alto voltaje	Tableros SP-TP-03 y SP-TR-02	

En la Tabla 4 se presenta el inventario detallado de la señalética de seguridad implementada en el equipo tamiz de plumas y en su entorno operativo inmediato, siguiendo los lineamientos de la NTE INEN 3864. Cada señal está clasificada por tipo (advertencia), contenido textual y ubicación precisa, cubriendo riesgos eléctricos, biológicos, térmicos, de atrapamiento, ruido, presión y caídas a distinto nivel. Esta sistematización garantiza que el personal identifique visualmente los peligros antes de intervenir, fomentando la cultura preventiva y estandarizando la percepción de riesgos críticos en toda el área de rendering. Su diseño con materiales resistentes y alta visibilidad permite mantener su eficacia incluso en ambientes industriales con alta humedad o presencia de residuos orgánicos.

Accesorios LOTO utilizados

Durante la intervención, se aplicaron los siguientes dispositivos de control:

Tabla 5.
Señalética del equipo

Dispositivo	Cantidad	Evidencia
Bloqueador de breaker eléctrico	1	
Candado dieléctrico personal	1	
Etiqueta de advertencia (tagout)	1	

Todos los accesorios utilizados cumplen con estándares internacionales de seguridad y están disponibles en la estación de bloqueo.

En la Tabla 5 se documentan los dispositivos LOTO aplicados específicamente durante la intervención en el tamiz de plumas, indicando su tipo y cantidad utilizada. Este registro evidencia el uso de un bloqueador de breaker eléctrico, un candado dieléctrico personal y una etiqueta de advertencia (tagout), los cuales forman parte del kit mínimo de aislamiento seguro de energías peligrosas según la OSHA 1910.147. Su implementación permitió asegurar el punto de corte de

energía, evitar la reconexión no autorizada y señalar el estado de intervención del equipo, garantizando así la trazabilidad del procedimiento y la responsabilidad individual del operario que ejecutó el mantenimiento.

Aplicación del procedimiento LOTO

El procedimiento aplicado fue el siguiente:

- Notificación al líder del proceso.
- Revisión de la ficha técnica y condiciones del equipo.
- Apagado del equipo desde el tablero SP-TR-02.
- Bloqueo físico (Lockout) en el breaker del SP-TP-03.
- Etiquetado (Tagout) con tarjeta codificada.
- Verificación de energía residual.
- Realización segura de tareas de mantenimiento o limpieza.
- Retiro de dispositivos LOTO solo por el responsable autorizado.
- Reactivación del equipo y notificación de finalización.

Este procedimiento se llevó a cabo bajo los principios del sistema SAM (Seguridad Antes del Mantenimiento) y fue documentado como ficha operativa de referencia.

Análisis comparativo antes y después de aplicar LOTO (Tamiz de plumas)

Antes de la intervención, las tareas sobre el tamiz de plumas se ejecutaban con apagado desde el panel de control (SP-TR-02) pero sin aislamiento físico del breaker en SP-TP-03, sin verificación de ausencia de tensión y con señalización básica no normalizada; en ese escenario, la exposición combinada a energía eléctrica y movimiento mecánico mantenía una probabilidad de ocurrencia frecuente y una severidad alta ante un arranque inesperado. Tras la aplicación del procedimiento LOTO (bloqueador de breaker + candado dieléctrico + tag codificado + prueba de

ausencia de energía), la instalación de señalética conforme NTE INEN 3864 y la operación guiada por ficha codificada, la probabilidad efectiva de exposición se reduce de forma sustantiva y la severidad esperada baja al eliminar el modo de fallo más crítico (arranque no intencional durante intervención). En términos IPER, el riesgo eléctrico pasa de un nivel importante ($P \times S = 12$) a bajo ($P \times S = 4$) en condiciones estándar; el riesgo mecánico desciende típicamente de importante a moderado al quedar inmovilizado el eje durante mantenimiento, aunque en operación normal sigue exigiendo guardas y distancias de seguridad; el componente biológico no se modifica por LOTO, pero la señalización y el EPP elevan el control administrativo.

Tabla 6.

Comparativo antes / después – Tamiz de plumas

Evaluación	Antes de LOTO	Después de LOTO	Observación técnica
Control de energía eléctrica	Apagado desde panel, sin bloqueo ni prueba	Aislamiento físico en SP-TP-03, tag codificado y verificación de ausencia de tensión	Elimina reconexión no autorizada y arranque inesperado
Control de energía mecánica	Proximidad a partes móviles durante limpieza/ajustes	Eje inmovilizado durante intervención según ficha	Riesgo en mantenimiento baja; en operación requiere guardas y distancias
Señalización	Básica/no normalizada	Conformes a NTE INEN 3864 en puntos críticos	Mejora percepción situacional y cumplimiento
Procedimiento y trazabilidad	No estandarizado, sin registros	Ficha codificada, checklist y registro de responsable	Facilita auditoría y lecciones aprendidas
Competencia del personal	Conocimiento empírico	Capacitación práctica con evaluación	Reduce error humano en pasos LOTO
Nivel IPER – energía eléctrica	Estimación $3 \times 4 = 12$ (Importante)	Estimación $2 \times 2 = 4$ (Bajo)	P disminuye por aislamiento; S baja por eliminación del modo de daño
Nivel IPER – energía mecánica	Estimación $3 \times 4 = 12$ (Importante)	Estimación $2 \times 3 = 6$ (Moderado)	En mantenimiento cae; en operación siguen exigencias de guardas
Higiene ocupacional (biológico)	importante	importante con mejor control administrativo	LOTO no cambia biocarga; EPP y prácticas sí

La combinación “bloqueo verificable + señalización normalizada + ficha codificada” traslada la intervención desde un esquema reactivo a un esquema preventivo con evidencia. Operativamente, el tiempo de aislamiento se vuelve predecible (objetivo ≤ 5 minutos desde aviso hasta verificación), la responsabilidad queda nominada en el tag y la probabilidad de reconexión inadvertida cae a niveles residuales. El resultado práctico es una disminución del riesgo eléctrico a bajo y del riesgo mecánico a moderado durante mantenimiento, con una mejora visible en cumplimiento y trazabilidad que habilita auditorías internas y ajustes finos de procedimiento.

Conclusión del ejemplo práctico:

La ejecución del procedimiento LOTO y la implementación de señalización de seguridad en el tamiz de plumas permitieron verificar la efectividad del diseño propuesto en condiciones reales de operación. Esta intervención demostró que el control de energías peligrosas, cuando se aplica bajo normativas como la OSHA 1910.147 y la NTE INEN 3864, contribuye significativamente a la reducción de riesgos laborales, especialmente en equipos que combinan energía eléctrica, movimiento mecánico y exposición biológica.

Asimismo, el uso de dispositivos de bloqueo certificados, la correcta identificación de puntos de intervención y la disposición de señalética visible fortalecieron la prevención de accidentes como atrapamientos, descargas eléctricas y caídas. Esta experiencia permitió, además, reforzar la cultura de seguridad en el equipo operativo y validar los protocolos definidos en el diseño técnico.

En conclusión, el caso del tamiz de plumas evidencia la necesidad de replicar este modelo de control en otros equipos de la planta, promoviendo la estandarización de procedimientos, la capacitación continua y el seguimiento mediante auditorías internas como parte de un sistema integral de seguridad industrial.


Fichas técnicas LOTO

La aplicación rigurosa de procedimientos de seguridad industrial, especialmente en entornos donde convergen múltiples fuentes energéticas, requiere más que normativa escrita. Requiere método, claridad visual y ejecución práctica. Por eso (y porque no basta con advertencias generales), se incorporan fichas técnicas codificadas que orientan paso a paso la correcta intervención de cada equipo crítico en la planta de rendering. No se trata solo de cumplir con OSHA 1910.147 o con la NTE INEN 3864, sino de hacerlas tangibles, visibles, operativas. Cada ficha es una herramienta, documentada, visual, operativa, que reúne en un solo soporte todo lo necesario para ejecutar un bloqueo seguro: desde las fuentes de energía que deben aislarse, hasta los dispositivos que se deben instalar (candados, etiquetas, bloqueadores), y los riesgos que deben tenerse en cuenta antes (durante, o incluso después) de intervenir un equipo.

El presente bloque incluye fichas diseñadas para ser comprendidas por los operarios, supervisores y personal de mantenimiento, en condiciones reales, con lenguaje técnico, pero no abstracto. Se presentan con fotografías, símbolos, tablas y pasos ordenados, no para fines decorativos, sino porque esa es la manera en que se puede estandarizar el control real de energías peligrosas, en entornos de ruido, calor, humedad y presión operativa. Ahora bien, a continuación, se expone la ficha correspondiente al equipo Tolva de vísceras, que (más allá de su función de transporte) representa un riesgo importante por atrapamiento mecánico, electricidad y exposición biológica, razón por la cual ha sido priorizada dentro del sistema de bloqueo y etiquetado propuesto.

A continuación, se muestran las fichas:

Tolva de vísceras

Planta Rendering Ficha técnica de equipo				Código:		PS-01-04
				Versión:		1.0
				Fecha de elaboración:		07/07/2025
Nombre de equipo:	Tolva de vísceras	Descripción general:	Nos permite almacenar temporalmente las vísceras y devoluciones provenientes de la Planta de Cárnicos. Esta tolva cuenta con tornillos que permiten desplazar la carga.			
Características del Equipo						
Marca:	THOR	Modelo:	12 m ³			
Año de montaje:	2011	Material:	ACERO INOXIDABLE			
MARCA MOTOR	MOTORREDUCTOR SEW-EURODRIVE	Modelo del Motor:	R97 R77 DRESOM4			
SERIE	70.0L8L7209009.0002.10	Voltaje:	220 / 380 / 440 V	Frecuencia:	60 Hz	
Año de montaje del motor:	2011	Potencia del motor:	4HP	Velocidad del motor:	1715RPM	
Fotografía:						
Fuentes de energía						
Eléctrico:	X	Neumático:		Hidráulico:		
Vapor:		Vacío:		GLP:		
Tablero principal	SP-TP-03	Tablero de control remoto	SP-TR-02			
Componentes						
No.	Ítem	Cantidad	Característica			
1	CHUMACERA FRONTAL	2	THOR-186			
2	CHUMACERA TRASERA	2	THOR-185			
3	RODAMIENTO	2	53217 U217E			
4	RODAMIENTO	2	22219 CC/W33			
5	RETENEDOR	2	SABÓ REF. 00780BR			
6	RETENEDOR	2	SABÓ REF. 02607BRG			
7	TUERCA DE FIJACIÓN	2	KM 19			

8	ARANDELA DE BLOQUEO	2	MB 19
9	PRENSA DE JUNTA	2	BI-PARTIDA Ø149XØ128X40mm
10	ACOPLAMIENTO	2	DE ENGRANAJE ASA 1-120-16
11	JUNTA CUADRADA	4	TEFLONADA 1/2" REF 2044

Funcionamiento del equipo




1. Las vísceras caen en esta tolva después de pasar por el tamiz.
2. Se arrancan los tornillos de la tolva para mover las vísceras almacenadas hacia el tornillo de alimentación de los Cookers.




Imagen 2 SP-TR-02

Riesgos

Operacional:	<ul style="list-style-type: none"> • Atrapamiento de objetos u herramientas. • Sobrecarga de producto. • Caída de tensión.
Seguridad y salud ocupacional:	<p>Riego de seguridad</p> <ul style="list-style-type: none"> • Atrapamiento de operario. • Caída a diferente nivel. • Descarga eléctrica. <p>Riesgo biológico</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bacterias.

Equipo de protección personal		
		
Señalética del equipo		
Advertencia:		Prohibición:
		
Accesorios LOTO		
DETALLE	CANTIDAD	IMAGEN
Bloqueador de breaker de energía eléctrica	1	
Candado	1	
Etiqueta	1	
Aplicación del bloqueo		
<p>Aplicar SAM: En cada actividad que se vaya a realizar en el equipo sea (mantenimiento preventivo, mantenimiento correctivo o limpieza.</p> <ol style="list-style-type: none"> Notificar al lider de el proceso y a todo el equipo de trabajos bre la actividad que se va a realizar. Leer detenidamente la ficha técnica del equipo antes de proceder a su actividad. Apagar el equipo: Asegúrate de que el equipo esté completamente apagado antes de proceder a la actividad. <ol style="list-style-type: none"> En el caso de que la actividad se lo realice en el trascurso de la operación asegurate de que no exista ingreso de materia prima o residuos al equipo Si existe ingreso de materia prima aísla el ingreso aplicando SAM Bloqueo Físico (Lockout): Coloca un dispositivo de bloqueo en el interruptor o disyuntor que controla el flujo de electricidad hacia el equipo. Etiquetado (Tagout): Junto con el bloqueo físico, coloca una etiqueta de advertencia (tag) en la fuente de energía aislada. Liberación de Energía Residual: Antes de comenzar a trabajar, es importante verificar y liberar cualquier energía residual que pueda quedar en el sistema eléctrico, como la energía almacenada en capacitores u otros dispositivos. Realización de las Tareas: Una vez completado el bloqueo y la verificación de seguridad, los trabajadores pueden realizar las tareas de mantenimiento o limpieza utilizando herramientas adecuadas para el equipo. 		

<p>8. Finalización de la actividad: Al completar la limpieza, asegúrate de retirar todas las herramientas, materiales de limpieza, y otros objetos del área de trabajo.</p> <p>9. Retirar los dispositivos LOTO: Solo la persona que colocó el bloqueo/etiquetado tiene la autoridad para remover los dispositivos LOTO. Verificar que el área esté libre de personas y que todos los controles del equipo estén en la posición de apagado.</p> <p>10. Reactivación del equipo: Restaurar la energía al equipo siguiendo el procedimiento adecuado.</p> <p>11. Notificar al líder del proceso y operadores que la actividad ha culminado y que está listo para ser utilizado.</p>	
Detalle de bloqueo	Imagen
<p>Bloqueo energía eléctrica vísceras (SP-TP-03)</p>	

La ficha técnica desarrollada para la Tolva de vísceras tiene como finalidad establecer un procedimiento operativo seguro, específico, documentado. Este equipo, que actúa como receptor y canalizador de subproductos internos tras el proceso de tamizado, funciona mediante un sistema motorizado de tornillos y transportadores que desplazan la materia hacia las unidades de cocción. Su motorreductor trifásico opera a 220–440 V con 4HP de potencia y 1715 RPM, lo cual representa una fuente clara de riesgo eléctrico y mecánico si no se aplica un procedimiento LOTO adecuado.


La ficha detalla el uso de EPP obligatorio (botas, mascarilla, overol, protección auditiva), señalética de advertencia (atrapamiento, descarga eléctrica, biológico, caídas) y dispositivos específicos de bloqueo como un bloqueador de breaker eléctrico, un candado dieléctrico, y una etiqueta de advertencia (tagout). Se describe además el tablero de control SP-TR-02 y el punto de aislamiento eléctrico en el SP-TP-03, indicando visualmente cómo y dónde se debe aplicar el bloqueo.

El procedimiento, basado en el sistema SAM, establece once pasos desde la notificación al líder hasta la reactivación del equipo, incluyendo la verificación de ausencia de energía residual y la remoción segura del candado. La ficha también especifica los riesgos operacionales (sobrecarga, caída de tensión), de seguridad (atrapamiento, descarga eléctrica, caída a distinto nivel) y biológicos (exposición a bacterias), lo que justifica su inclusión prioritaria en el plan de intervención segura.

Digestor

A continuación, se muestra la ficha del digestor (Cooker 3 (PS-01-07)), dentro del conjunto de equipos críticos de la planta de rendering, el Cooker 3 representa una de las unidades de mayor complejidad técnica y riesgo operativo, debido a la interacción simultánea de energía eléctrica, térmica, neumática y vapor a presión. Esta máquina, modelo DPM-6500, permite la cocción a alta presión de subproductos avícolas y está equipada con un motor WEG de 37HP, operando a 220/380/440V con una velocidad de 1770 RPM, lo cual ya desde lo eléctrico implica una fuente de riesgo considerable (sin contar con lo que genera el vapor a 2 bares que se regula manualmente durante su operación).

La ficha técnica del equipo, estructurada para guiar el procedimiento LOTO, recoge todos los elementos necesarios, desde la identificación completa de fuentes de energía (eléctrica, neumática, térmica, vapor) hasta los puntos específicos de bloqueo. Se indican cuatro zonas de control directo: tablero eléctrico principal (SP-TP-04), válvula de ingreso de vapor, línea neumática y, por último, alimentación mecánica a través del tornillo (el que dirige la carga hacia la tolva de ingreso). Cada punto está documentado visualmente con imágenes reales del sitio de intervención, lo cual es fundamental (en especial cuando el personal no siempre está familiarizado con la disposición técnica del equipo, o cuando hay rotación de turnos sin retroalimentación efectiva).

Planta Rendering Ficha técnica de equipo				Código:	PS-01-07
				Versión:	1.0
				Fecha de elaboración:	07/07/2025
Descripción del Equipo					
Nombre de equipo:	Cooker 3		Descripción general:	Estos equipos permiten cocinar los subproductos a alta presión. Adicional se cuenta con dos tornillos sin fin para la alimentación y distribución de la materia prima	
Marca:	THOR		Modelo:	DIGESTOR DPM-6500	
Año de montaje:	2016		Material:	ACERO INOXIDABLE	
Marca del motor:	WEG		Modelo del motor:	W22	
Fabricante del motor:	-	Voltaje:	220 / 380 / 440 V	Frecuencia:	60 Hz
Año de montaje del motor:	2017	Potencia del motor:	37HP	Velocidad del motor:	1770RPM
Fotografía:					
Fuentes de energía					
Eléctrico:	X	Neumático:	X	Hidráulico:	
Vapor:	X	Vacío:		GLP:	
Tablero principal	SP-TP-04		Tablero de control remoto	SP-TR-04	
Componentes					
No.	Ítem	Cantidad	Característica		
1	CAJA REDUCTORA	1	Marca <u>Sew</u> MC3PLSF06 FAN I:41, 0693 POS 14		
2	POLEA REDUCTOR	1	Ø350 5/5V		
3	POLEA MOTOR	1	Ø180 5/5V		
4	CORREA	5	Modelo 5V 1320		
5	BUJE CÓNICO DE MOTOR	1	SF Ø55mm FC 250		
6	BUJE CÓNICO DE REDUCTOR	1	22222 CC/C3W33 SKF		
7	ACOPLAMIENTO	1	Acoplamiento THOR mecanizado THOR 026 130/135		
8	CHUMACERA	1	Mancal SNA 228 LP		
9	RODAMIENTO	1	Rodamiento 22228 E/C3		

10	ANILLO DE BLOQUEO	3	FRB 15/250
11	BUJE DE RESPALDO LISO	1	Buje de respaldo liso
12	BUJE DE RESPALDO INFERIOR	1	Buje de respaldo inferior
13	ARANDELA DE SEGURIDAD	1	MB 28
14	TUERCA DE BLOQUEO	1	KM 28
15	BUJE DE DESGASTE	1	Buje de desgaste junto a la transmisión
16	BRIDA DE PRENSA DE JUNTA	1	Brida de prensa de junta Ø196x310x352mm
17	PRENSA DE JUNTA	1	Prensa de junta Bi-Partida

Funcionamiento del equipo

1. Purgar trampas de agua de cada cooker antes de empezar operación.
2. Purgar ciclones del Aerocondensador, y luego cada 30 min verificar que se purguen y no estén tapados. Se verifica en una purga que la tubería se calienta
3. Cerrar compuertas delanteras de descarga para inicio de carga.
4. Arrancar el tornillo de alimentación de los Cookers, una vez que se mueve la pluma y las visceras de las tolvas.
5. Seleccionar el Cooker en el tablero Cuando se selecciona, se debe colocar la tolva de alimentación sobre la tapa de este.



Tornillo de alimentación

- 5.1. Al presionar los pulsadores para la alimentación, se mueve el pistón que abre y cierra la compuerta del Cooker 2, donde, si se abre se alimenta este y si se cierra se permite alimentar al Cooker 3.



Imagen 3 SP-TR-03



Tornillo de selección

6. Verter la sangre del tanque del segundo piso con ayuda de la manguera.
7. Cerrar la tapa superior (alimentación) del Cooker. Se puede apretar con una llave o palanca.
8. Encender Aerocondensador
9. Arrancar el Cooker. Arrancar el mezclador (modo directo) desde el tablero y abrir el paso de vapor desde la válvula.

Tanque de sangre 10. Abrir la válvula de alimentación principal de vapor. Debe estar abierta la válvula de ingreso de vapor del Cooker. En este momento inicia la subida de presión por aproximadamente 40 minutos.



Imagen 4 Alimentación principal

11. El controlador de temperatura de los Cookers permite llegar a la temperatura deseada. Este mide la temperatura a través de una termocupla que se encuentra en cada uno.
12. Una vez que ha pasado cierto tiempo se empiezan a abrir las llaves para liberar presión. Se espera durante 30 minutos para la subida de presión.
 - 12.1. Abrir la llave de 2 pulgadas poco a poco para ir regulando la presión a 2 bares. Esto se realiza aproximadamente en 15 minutos.



13. Abrir la llave de 6 pulgadas hasta liberar la presión restante. Esto se realiza aproximadamente en 25 minutos.



14. Verter la sangre del tanque en el Cooker. El Cooker comienza el periodo de secado, donde únicamente el agitador permanece en movimiento directo durante algunas horas (aproximadamente 4).

15. Verificar humedad de la harina mediante compuerta de muestreo, usando la balanza de humedad.

- 15.1. Encender la balanza y asegurarse que el platillo de muestra se encuentre limpio y sin residuos.



15.2. Tarar el equipo



15.3. Colocar la muestra en el platillo de muestra, exactamente 1 gramo



15.4. Cerrar la tapa pulsar iniciar y esperar hasta que la báscula arroge resultados los cuales tienen que ser menor a 8 % de humedad














16. Al finalizar el periodo de secado, y verificar que la humedad sea menor a 8 % de humedad abrir la tapa de descarga del Cooker (lateral).

17. Descargar la harina del Cooker. Esta se descarga colocando el tornillo en reversa. A veces es necesario empujar la harina que no alcanza a salir con una escoba.

18. Encender los tornillos para mover la harina que sale de los Cooker hacia el tornillo de alimentación del molino.

Riesgos

Operacional:	<ul style="list-style-type: none"> • Sobrecarga de producto • Sobrecarga eléctrica • Caída de tensión • Corte eléctrico durante la operación
Seguridad y salud ocupacional:	Riesgo de seguridad <ul style="list-style-type: none"> • Atrapamiento de operario. • Caída de distinto nivel • Descarga eléctrica • Quemaduras

	Riesgos físicos <ul style="list-style-type: none"> • Estrés térmico • Ruido 	
Equipo de protección personal		
 USO OBLIGATORIO DE ZAPATOS DE SEGURIDAD	 USO OBLIGATORIO DE PROTECTOR AUDITIVO	 USO OBLIGATORIO DE OVEROL
 USO OBLIGATORIO DE MASCARILLA		
Señalética del equipo		
Advertencia:		Prohibición:
		
		
Accesorios LOTO		
Detalle	Cantidad	Imagen
Bloqueador de breaker de energía eléctrica	2	
Bloqueo de válvula	1	
Candado	2	
Etiqueta	2	

Aplicación de bloqueos

Aplicar SAM: En cada actividad que se vaya a realizar en el equipo sea (**mantenimiento preventivo, mantenimiento correctivo o limpieza.**

1. **Notificar** al líder de el proceso y a todo el equipo de trabajo sobre la actividad que se va a realizar.
2. **Leer detenidamente la ficha técnica** del equipo antes de proceder a su actividad.
3. **Apagar el equipo:** Asegúrate de que el equipo esté completamente apagado antes de proceder a la actividad.
 - En el caso de que la actividad se lo realice en el transcurso de la operación asegurate de que no exista ingreso de materia prima o residuos al equipo.
 - Si existe ingreso de materia prima aísla el ingreso aplicando **SAM.**
 - Realizar la purga de condezado abriendo la llave de media vuelta y mantenerlas abiertas
 - Abriar las valvulas de Despresurización y mantenerlas abiertas.



4. **Bloqueo Físico (Lockout):**
 - Bloqueo eléctrico: Coloca un dispositivo de bloqueo en el interruptor o disyuntor que controla el flujo de electricidad hacia el equipo.
 - Bloqueo de ingreso de vapor: cerrar correctamente las válvulas de ingreso de vapor y bloquear con el dispositivo loto.
5. **Etiquetado (Tagout):** Junto con el bloqueo físico, coloca una etiqueta de advertencia (tag) en la fuente de energía aislada.
6. **Liberación de Energía Residual:** Antes de comenzar a trabajar, es importante verificar y liberar cualquier energía residual que pueda quedar en el sistema eléctrico, como la energía almacenada en capacitores u otros dispositivos.
7. **Realización de las Tareas:** Una vez completado el bloqueo y la verificación de seguridad, los trabajadores pueden realizar las tareas de mantenimiento o limpieza utilizando herramientas adecuadas para el equipo.
8. **Finalización de la actividad:** Al completar la limpieza, asegúrate de retirar todas las herramientas, materiales de limpieza, y otros objetos del área de trabajo.
9. **Retirar los dispositivos LOTO:** Solo la persona que colocó el bloqueo/etiquetado tiene la autoridad para **remover** los dispositivos LOTO. Verificar que el área esté libre de personas y que todos los controles del equipo estén en la posición de apagado.
10. **Reactivación del equipo:** Restaurar la energía al equipo siguiendo el procedimiento adecuado.
11. **Notificar al líder del proceso y operadores** que la actividad ha culminado y que está listo para ser utilizado.

Detalle de bloqueo	Imagen
<p>Bloqueo energía eléctrica cooker 3(SP-TP-04)</p>	
<p>Bloqueo de válvula de vapor</p>	
<p>Bloqueo de energía neumática</p>	
<p>Bloque de tornillo de alimentación de materia prima</p>	
<p>Bloque de tornillo de distribución de harina</p>	

El procedimiento SAM (Seguridad Antes del Mantenimiento), que se incorpora como base metodológica, incluye pasos ordenados, aunque no rígidos, tales como: notificación previa, verificación visual, bloqueo físico (con candados y dispositivos certificados), etiquetado visible, y liberación de energía residual. Este último punto suele omitirse en prácticas cotidianas, pero en este equipo en particular, donde el vapor permanece circulando aun cuando los indicadores parezcan estar en cero, resulta crítico para evitar quemaduras o sobrepresión inesperada. Se requiere purga manual, apertura de válvulas y verificación de temperatura, además de revisar físicamente que no haya presencia de presión interna.

En cuanto a los riesgos, no se presentan de forma aislada. La sobrecarga eléctrica puede coincidir con un atrapamiento mecánico, o incluso con una caída por manipulación en zona elevada (la tapa del Cooker debe cerrarse manualmente con llave, desde una plataforma superior), mientras se activan válvulas a distancia (neumáticamente). Hay riesgo biológico también (por el contacto con sangre o subproductos no cocidos), y estrés térmico, si se trabaja con el mezclador en modo directo por tiempos prolongados (el cual, dicho sea de paso, opera con una válvula externa que debe abrirse manualmente desde el tablero inferior).

La señalética incorporada, conforme a la norma NTE INEN 3864, utiliza pictogramas de advertencia, prohibición y obligación, que deben colocarse en áreas visibles (especialmente cerca del tablero, sobre el tanque de vapor, y en la zona de alimentación). El uso obligatorio de botas, mascarilla, protector auditivo y overol no es negociable, por razones que van más allá del cumplimiento documental, ya que las condiciones de calor, ruido y vapores condensados lo exigen en la práctica (aunque a veces no se registre formalmente esa exigencia).

Esta ficha, que corresponde al código PS-01-07, no se limita a describir. Funciona como instrumento operativo. Es guía de intervención. Es parte de la estructura preventiva que permite al

trabajador aplicar el sistema LOTO sin ambigüedades. Y en un equipo como el Cooker 3, donde convergen variables técnicas, humanas y ambientales, no tener ese instrumento disponible (en el momento exacto y con el procedimiento claro) representa una omisión que puede escalar rápidamente a incidente. Por eso se incluye aquí, documentada, verificada, y alineada con lo establecido por la OSHA 1910.147 y por las condiciones reales del entorno donde opera.

Percolador de Harina

El equipo designado como Percolador de Harina representa una unidad de transferencia mecánica cuya función principal es desplazar la harina procesada hacia el tornillo de alimentación del molino. Su operación, aunque lineal desde el punto de vista funcional, involucra un motorreductor trifásico de 1.5HP que trabaja a 220/440V, con una velocidad de giro de 1730 RPM. A pesar de su potencia reducida en comparación con otras máquinas del sistema, el percolador no está exento de riesgos que requieren control técnico, sobre todo durante maniobras de limpieza o mantenimiento donde la exposición directa a elementos giratorios se vuelve inevitable (particularmente si el procedimiento no ha sido correctamente aislado).



El funcionamiento del equipo está vinculado al tablero de control SP-TR-05, desde donde se activa mediante botón transparente ON (y, aunque parezca un detalle menor, el color y tipo de botón son determinantes en la identificación rápida del operador). Las fuentes de energía se limitan a lo eléctrico (sin vapor, ni presión hidráulica), sin embargo, esto no reduce el riesgo: el atrapamiento por contacto con el eje del percolador (visible desde el área superior) representa un peligro directo si no se aplica un protocolo de bloqueo y etiquetado previo.

Planta Rendering Ficha técnica de equipo				Código:	PS-01-09
				Versión:	1.0
				Fecha de elaboración:	07/07/2025
Descripción del Equipo					
Nombre de equipo:	PERCOLADOR DE HARINA		Descripción general:	Mueve la harina hacia el tornillo de alimentación del molino. posee una caja reductora	
Marca:	THOR		Modelo:	-	
Año de montaje:	2011		Material:	ACERO INOXIDABLE	
Marca del motor:	MOTORREDUCTOR SEW-EURODRIVE		Modelo del motor:	R87 DRE80M4	
Fabricante del motor:	EURODRIVE	Voltaje:	220 / 440 V	Frecuencia:	-
Año de montaje del motor:	2011	Potencia del motor:	1.5HP	Velocidad del motor:	1730 RPM
Fotografía:					
Fuentes de energía					
Eléctrico:	X		Neumático:		Hidráulico:
Vapor:			Vacío:		GLP:
Tablero principal	SP-TP-03		Tablero de control remoto	SP-TR-05	
Componentes					
No.	Ítem	Cantidad	Característica		
1	ACOPLAMIENTO DE ENGRANAJES	1	ASA 1-80-20		
2	CHUMACERA	2	FRM F-212 CON RODAMIENTO UC-212		
Funcionamiento del equipo					
1. Se enciende el motor del precolador en el tablero boton trasparente ON y para OF boton rojo.					



Imagen 5 SP-TR-05

Riesgos		
Operacional:	<ul style="list-style-type: none"> Sobrecarga de producto. Sobrecarga eléctrica Caída de tensión. 	
Seguridad y salud ocupacional:	Riesgo seguridad <ul style="list-style-type: none"> Atrapamiento de operario. Quemadura 	
Equipo de protección personal		
Señalética del equipo		
Advertencia:		Prohibición:
Accesorios LOTO		
Detalle	Cantidad	imagen
Bloqueador de breaker de energía eléctrica	1	
Candado	1	

Etiqueta	1	
Aplicación de bloqueo		
<p>Aplicar SAM: En cada actividad que se vaya a realizar en el equipo sea (mantenimiento preventivo, mantenimiento correctivo o limpieza.</p> <ol style="list-style-type: none"> 2. Notificar al lider de el proceso y a todo el equipo de trabajo sobre la actividad que se va a realizar. 3. Leer detenidamente la ficha técnica del equipo antes de proceder a su actividad. 4. Apagar el equipo: Asegúrate de que el equipo esté completamente apagado antes de proceder a la actividad. <ul style="list-style-type: none"> • En el caso de que la actividad se lo realice en el trascurso de la operación asegurate de que no exista ingreso de materia prima o residuos al equipo • Si existe ingreso de materia prima aisla el ingreso aplicando SAM 5. Bloqueo Físico (Lockout): Coloca un dispositivo de bloqueo en el interruptor o disyuntor que controla el flujo de electricidad hacia el equipo. 6. Etiquetado (Tagout): Junto con el bloqueo fisico, coloca una etiqueta de advertencia (tag) en la fuente de energía aislada. 7. Liberación de Energía Residual: Antes de comenzar a trabajar, es importante verificar y liberar cualquier energía residual que pueda quedar en el sistema eléctrico, como la energía almacenada en capacitores u otros dispositivos. 8. Realización de las Tareas: Una vez completado el bloqueo y la verificación de seguridad, los trabajadores pueden realizar las tareas de mantenimiento o limpieza utilizando herramientas adecuadas para el equipo. 9. Finalización de la actividad: Al completar la limpieza, asegúrate de retirar todas las herramientas, materiales de limpieza, y otros objetos del área de trabajo. 10. Retirar los dispositivos LOTO: Solo la persona que colocó el bloqueo/etiquetado tiene la autoridad para remover los dispositivos LOTO. Verificar que el área esté libre de personas y que todos los controles del equipo estén en la posición de apagado. 11. Reactivación del equipo: Restaurar la energía al equipo siguiendo el procedimiento adecuado. 12. Notificar al líder del proceso y operadores que la actividad ha culminado y que está listo para ser utilizado. 		
Detalle del bloqueo	imagen	
Bloqueo energía eléctrica		


La ficha codificada como PS-01-09 define un procedimiento LOTO estructurado bajo el enfoque SAM. Se detalla la secuencia: notificación, lectura de ficha técnica, apagado, verificación de ingreso de materia prima (si la hubiera), instalación del bloqueador de breaker junto con el candado dieléctrico y la etiqueta de advertencia. Este equipo requiere un solo punto de aislamiento (el tablero SP-TP-03), lo que permite una intervención más directa, pero también demanda mayor atención al cumplimiento de los pasos, ya que es común en planta considerar que, por ser de “baja potencia”, este tipo de equipos no necesita bloqueo formal (lo cual es un error técnico y operativo).



Los riesgos señalados incluyen sobrecarga eléctrica, atrapamiento de extremidades y quemaduras (por contacto con superficies metálicas calientes, en caso de uso continuo o falla del sistema de ventilación). El operario debe usar EPP completo, con énfasis en guantes dieléctricos y protectores auditivos, ya que, aunque el nivel sonoro de este equipo puede ser menor que en digestores o molinos, se acumula al ruido ambiental general.

La señalética sugerida corresponde a los riesgos evidenciados: advertencias por atrapamiento, caídas, electricidad y temperatura, así como prohibición de operación sin autorización. Todo esto responde a la lógica preventiva: no se trata de sobredimensionar el riesgo, sino de reconocer que incluso un equipo aparentemente simple puede convertirse en una fuente de daño si no se aplica el procedimiento correcto.


La ficha del percolador sistematiza las acciones mínimas necesarias para realizar un bloqueo seguro y efectivo. Y aunque no se trata de una máquina de alta complejidad energética, el sistema LOTO no discrimina por tamaño ni función. Si hay energía activa y riesgo de intervención, debe bloquearse. Esa es la premisa que se concreta con esta ficha.

Molino de harina

Planta Rendering Ficha técnica de equipo				Código:	PS-01-09
				Versión:	1.0
				Fecha de elaboración:	07/07/2025
Funcionamiento del Equipo					
Nombre de equipo:	Molino de harina		Descripción general:	El molino muele la harina que sale de los <u>Cookers</u> la cual es trasportado por dos tornillos sin fin.	
Marca:	THOR		Modelo:	PS-AINT-ML-01	
Año de montaje:	2011		Material:	ACERO INOXIDABLE	
Marca del motor:	WEG		Modelo del motor:	W22 PLUS	
Fabricante del motor:		Voltaje:	220 / 38 / 440 V	Frecuencia:	60 Hz
Año de montaje del motor:	2011	Potencia del motor:	30HP	Velocidad del motor:	1765RPM
Fotografía:					
Fuentes de energía					
Eléctrico:	X	Neumático:		Hidráulico:	
Vapor:		Vacio:		GLP:	
Tablero principal	SP-TP-03		Tablero de control remoto	SP-TR-05	
Componentes					
No.	Ítem	Cantidad	Característica		
1	CHUMACERA	2	SNH 513		
2	BUJE	2	H-313		
3	RODAMIENTO	2	22213K		
4	ANILLO DE BLOQUEO	4	10/120		
5	ACOPLAMIENTO	1	ELÁSTICO A 70 CICI		
6	ANILLO DE FIJACIÓN	2	ANILLO FIX CN210 60x90mm		
7	PINZA	8	DES-TACO-EMA G349D		
8	RETENEDOR	2	00223BRG		

9	AMORTIGUADOR ANTI-VIBRATORIO	6	STANDARD VIBRA-STOP 1/2 1500KG FG6459161
10	MARTILLO	48	60x150x1/4 FURO 20mm
11	PANTALLA PERFORADA	2	SAE 1045 3/16x395x790 F8mm ÁREA ABIERTA 40
12	CADENA	1	PASO 3/4 ASA 60 SIMPLE
13	PLACA MAGNÉTICA	1	CARA DE PLACA NEGRA MODELO 300 DIMENSIONES 270x350mm
Funcionamiento del Equipo:			
<ol style="list-style-type: none"> 1. Arrancar el tornillo de alimentación del molino. Este desplaza la carga de harina desde el percolador hasta el molino. 2. Encender el molino. 			
			
<p><i>Tornillo de alimentación</i></p>		<p><i>Imagen 6 SP-TR-05</i></p>	
Riesgos			
Operacional:	<ul style="list-style-type: none"> • Sobrecarga de producto. • Sobrecarga eléctrica. • Caída de tensión. 		
Seguridad y salud ocupacional:	<p>Riesgo de seguridad</p> <ul style="list-style-type: none"> • Atrapamiento de operario. • Descarga eléctrica. <p>Riesgo físico</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ruido. 		

Equipo de protección personal		
		
Señalética del equipo		
Advertencia:		Prohibición:
		
Accesorios LOTO		
Detalle	Cantidad	imagen
Bloqueador de breaker de energía eléctrica	1	
Candado	1	
Etiqueta	1	

Aplicación de bloqueo	
<p>Aplicar SAM: En cada actividad que se vaya a realizar en el equipo sea (mantenimiento preventivo, mantenimiento correctivo o limpieza.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Notificar al líder de el proceso y a todo el equipo de trabajo sobre la actividad que se va a realizar. 2. Leer detenidamente la ficha técnica del equipo antes de proceder a su actividad. 3. Apagar el equipo: Asegúrate de que el equipo esté completamente apagado antes de proceder a la actividad. <ul style="list-style-type: none"> • En el caso de que la actividad se lo realice en el trascurso de la operación asegurate de que no exista ingreso de materia prima o residuos al equipo • Si existe ingreso de materia prima aisla el ingreso aplicando SAM 4. Bloqueo Físico (Lockout): Coloca un dispositivo de bloqueo en el interruptor o disyuntor que controla el flujo de electricidad hacia el equipo. 5. Etiquetado (Tagout): Junto con el bloqueo físico, coloca una etiqueta de advertencia (tag) en la fuente de energía aislada. 6. Liberación de Energía Residual: Antes de comenzar a trabajar, es importante verificar y liberar cualquier energía residual que pueda quedar en el sistema eléctrico, como la energía almacenada en capacitores u otros dispositivos. 7. Realización de las Tareas: Una vez completado el bloqueo y la verificación de seguridad, los trabajadores pueden realizar las tareas de mantenimiento o limpieza utilizando herramientas adecuadas para el equipo. 8. Finalización de la actividad: Al completar la limpieza, asegúrate de retirar todas las herramientas, materiales de limpieza, y otros objetos del área de trabajo. 9. Retirar los dispositivos LOTO: Solo la persona que colocó el bloqueo/etiquetado tiene la autoridad para remover los dispositivos LOTO. Verificar que el área esté libre de personas y que todos los controles del equipo estén en la posición de apagado. 10. Reactivación del equipo: Restaurar la energía al equipo siguiendo el procedimiento adecuado. 11. Notificar al líder del proceso y operadores que la actividad ha culminado y que está listo para ser utilizado. 	
Detalle del bloqueo	imagen
<p>Bloqueo energía eléctrica (SP-TP-03)</p>	

El molino, aunque ocupa un solo punto dentro del flujo general de la planta, representa una interfase mecánica clave entre el procesamiento térmico (Cookers) y la compactación final del producto harinoso. Es decir, lo que sale cocido (pero aún no estabilizado) pasa por este equipo. La harina se mueve desde el percolador, asciende por tornillo, cae y es triturada a través de martillos

internos, cuarenta y ocho, para ser exactos, que giran a una velocidad constante de 1765 revoluciones por minuto. Es un equipo robusto (30 HP de potencia), y a pesar de no usar vapor ni presión hidráulica, el volumen y densidad del trabajo que procesa lo convierten en un riesgo operativo, uno que puede pasar inadvertido si no se sigue el procedimiento establecido.

El tablero SP-TR-05 controla su encendido. No hay secuencia compleja: se activa el tornillo de alimentación, luego el motor principal. Sin embargo (y esto no es menor), los controles están ubicados junto a otras líneas energizadas, lo que incrementa la posibilidad de error humano si el operario no se detiene a leer o si no encuentra una señal clara (la ficha indica que deben colocarse etiquetas tipo “DO NOT OPERATE” en puntos visibles, aunque esto, muchas veces, no se cumple en planta).

El equipo tiene asociados riesgos múltiples, algunos inmediatos, atrapamiento de extremidades por contacto con ejes en rotación, descarga eléctrica al intervenir sin aislamiento, y otros menos evidentes como la exposición prolongada al ruido (que, en este caso, por la vibración del conjunto de martillos, supera los niveles recomendados si no se usan protectores auditivos certificados). El procedimiento LOTO descrito aplica el enfoque SAM en su versión más directa, es decir: notificación, lectura de ficha, apagado, verificación, bloqueo físico, etiquetado, liberación de energía residual y reactivación. Solo un punto de bloqueo (SP-TP-03), pero con un procedimiento que debe seguirse sin excepciones, aunque el trabajo a realizar parezca “rápido”.

En cuanto a los accesorios, basta un bloqueador de breaker eléctrico, un candado dieléctrico y una etiqueta de advertencia. Pero lo importante no es la cantidad, sino el uso adecuado. La ficha remarca la necesidad de aplicar el candado solo una vez verificado que el equipo está completamente apagado y libre de movimiento. También señala que el operario que lo coloca es


el único que puede retirarlo (esto, aunque parezca redundante, ha sido punto de fallas en otras líneas de producción según lo evidenciado en auditorías internas).

Se incluyen pictogramas de advertencia por atrapamiento, caídas, ruido, electricidad y temperatura, además del EPP obligatorio: botas, overol, mascarilla, protector auditivo y guantes. La colocación estratégica de señalización (especialmente en zonas ciegas o de paso lateral) debe garantizar que cualquier intervención quede notificada visualmente al resto del personal.

Aerocondensadores

El Aerocondensador 1 cumple una función que, aunque secundaria en el flujo de proceso, es esencial para el control térmico y la estabilidad del sistema. Es decir, sin este equipo, el proceso de cocción podría derivar en sobrepresión o acumulación de gases, lo que generaría un riesgo térmico estructural. Su funcionamiento no es autónomo, se activa por medio de sensores que detectan variaciones de temperatura en la línea de vapores provenientes de los Cookers, lo cual dispara el encendido de ventiladores (y, en algunos casos, exaustores de mayor potencia), todo esto con el propósito de disipar o condensar vapor de cocción.

El equipo, aunque aparenta simplicidad (una torre metálica vertical con motor trifásico de 4HP y un sistema de ventilación), requiere bloqueo específico antes de cualquier intervención. Las fuentes de energía no son solo eléctricas. También debe considerarse el riesgo por presión acumulada en las válvulas de despresurización y la posibilidad de quemaduras por contacto con superficies metálicas que se calientan en condiciones de carga térmica constante.

Planta Rendering Ficha técnica de equipo				Código:	PS-01-15
				Versión:	1.0
				Fecha de elaboración:	07/07/2025
Descripción del Equipo					
Nombre de equipo:	AEROCONDENSADOR 1	Descripción general:	Permiten la extracción y condensación de vapores de cocción. Estos equipos tienen ventiladores exhaustores que facilitan la extracción de los gases desde los Cooker los cuales descargan por medio de tuberías.		
Marca:	THOR	Modelo:	-		
Año de montaje:	2011	Material:	ACERO		
Marca del tornillo aerocondensador:	THOR	Modelo del motor:	W22 PLUS		
Fabricante del motor:	-	Volta je:	220 / 380 / 440 V	Frecuencia:	60 Hz
Año de montaje del motor:	2011	Poten cia del motor :	4HP	Velocidad del motor:	-
Fotografía:					
Fuentes de energía					
Eléctrico:	X	Neum ático:		Hidráulico:	
Vapor:		Vacio :		GLP:	
Tablero principal	SP-TP-03	Tablero de control remoto	SP-TR-02		

Componentes			
No.	Ítem	Cantidad	Característica
1	AEROCONDENSADOR 1	1	VENTILADORES 3
2	VENTILADORES AEROCONDENSADOR 1	1	VOLTAJE 220 / 380 / 440 V HP 4
3	VENTILADOR OR EXHAUSTOR 1	1	VOLTAJE 220 / 380 / 440 <u>V_HP 7.5</u>

Funcionamiento del equipo



Válvulas de despresurización.

1. Arrancar los aerocondensadores desde el tablero de control.



Imagen 7 SP-TP-02



2. Arrancar los ventiladores exhaustores de los aerocondensadores. Estos son controlados por los controladores de temperatura de cada aerocondensador, que cuando detectan temperatura excesiva, se encienden y extraen el vapor.

Riesgos

Operacional:	<ul style="list-style-type: none"> • Fugas de vapor. • Sobrecarga eléctrica. • Caída de tensión.
Seguridad y salud ocupacional:	Riesgo de seguridad <ul style="list-style-type: none"> • Caída de distinto nivel. • Quemaduras. Riesgo físico <ul style="list-style-type: none"> • Ruido.


Equipo de protección personal		
 <p>USO OBLIGATORIO DE ZAPATOS DE SEGURIDAD USO OBLIGATORIO DE OVEROL USO OBLIGATORIO DE GUANTES USO OBLIGATORIO DE MASCARILLA USO OBLIGATORIO DE PROTECTOR AUDITIVO</p>		
Señalética del equipo		
Advertencia:		Prohibición:
 <p>PELIGRO ALTA TEMPERATURA RIESGO DE ATRAPAMIENTO PELIGRO CAIDAS DISTINTO NIVEL</p> <p>ATENCIÓN PELIGRO</p> <p>ALTO NIVEL DE RUIDO RIESGO ELÉCTRICO</p>		 <p>PROHIBIDO TRABAJAR LA MÁQUINA SIN MEDIDAS DE SEGURIDAD</p>
Accesorios LOTO		
Detalle	Cantidad	Imagen
Bloqueador de breaker de energía eléctrica	1	
<u>Mini Dispositivo de Bloqueo con cable</u>	2	
Candado	3	
Etiqueta	3	

<p>Bloqueo de vapor cooker 1</p>	
<p>Bloqueo de vapor cooker 2</p>	
<p>Bloqueo de vapor cooker 3</p>	

Aplicación de bloqueos

Aplicar SAM: En cada actividad que se vaya a realizar en el equipo sea (mantenimiento preventivo, mantenimiento correctivo o limpieza.

1. **Notificar** al lider de el proceso y a todo el equipo de trabajo sobre la actividad que se va a realizar.
2. **Leer detenidamente la ficha técnica** del equipo antes de proceder a su actividad.
3. **Apagar el equipo:** Asegúrate de que el equipo esté completamente apagado antes de proceder a la actividad.
 - En este equipo para cualquier tipo de actividad se debe apagar los cooker para no afectar al proceso y la integridad del operador.
4. **Bloqueo Físico (Lockout):** Coloca un dispositivo de bloqueo en el interruptor o disyuntor que controla el flujo de electricidad hacia el equipo.
5. **Etiquetado (Tagout):** Junto con el bloqueo fisico, coloca una etiqueta de advertencia (tag) en la fuente de energía aislada.
6. **Liberación de Energía Residual:** Antes de comenzar a trabajar, es importante verificar y liberar cualquier energía residual que pueda quedar en el sistema eléctrico, como la energía almacenada en capacitores u otros dispositivos.
7. **Realización de las Tareas:** Una vez completado el bloqueo y la verificación de seguridad, los trabajadores pueden realizar las tareas de mantenimiento o limpieza utilizando herramientas adecuadas para el equipo.
8. **Finalización de la actividad:** Al completar la limpieza, asegúrate de retirar todas las herramientas, materiales de limpieza, y otros objetos del área de trabajo.
9. **Retirar los dispositivos LOTO:** Solo la persona que colocó el bloqueo/etiquetado tiene la autoridad para **remover** los dispositivos LOTO. Verificar que el área esté libre de personas y que todos los controles del equipo estén en la posición de apagado.
10. **Reactivación del equipo:** Restaurar la energía al equipo siguiendo el procedimiento adecuado.
11. **Notificar al lider del proceso y operadores** que la actividad ha culminado y que está listo para ser utilizado.

Detalles de bloqueo	imagen
<p>Bloqueo energia eléctrica (SP-TP-03)</p>	

La ficha PS-01-15 incluye los pasos detallados del sistema SAM para asegurar una intervención controlada. Esto inicia con la notificación, el apagado del sistema desde el tablero SP-TP-03, la verificación de ausencia de vapor en los ductos, y continúa con la instalación del bloqueador de breaker, el mini dispositivo de bloqueo con cable, y el etiquetado visible. Se recalca que, antes de cualquier intervención, debe garantizarse que los Cookers no estén en funcionamiento, ya que cualquier liberación de vapor residual podría invalidar el aislamiento energético aplicado.

En este equipo, los riesgos operacionales, aunque parezcan menos visibles, son igualmente relevantes: sobrecarga eléctrica, caídas de tensión y fugas de vapor. En términos de seguridad ocupacional, la ficha señala claramente el riesgo de caída a distinto nivel (la estructura incluye escaleras metálicas y plataformas de acceso), quemaduras térmicas (por contacto accidental con líneas activas o paredes calientes), y ruido por acumulación de vibraciones al operar en entornos con ventilación forzada.

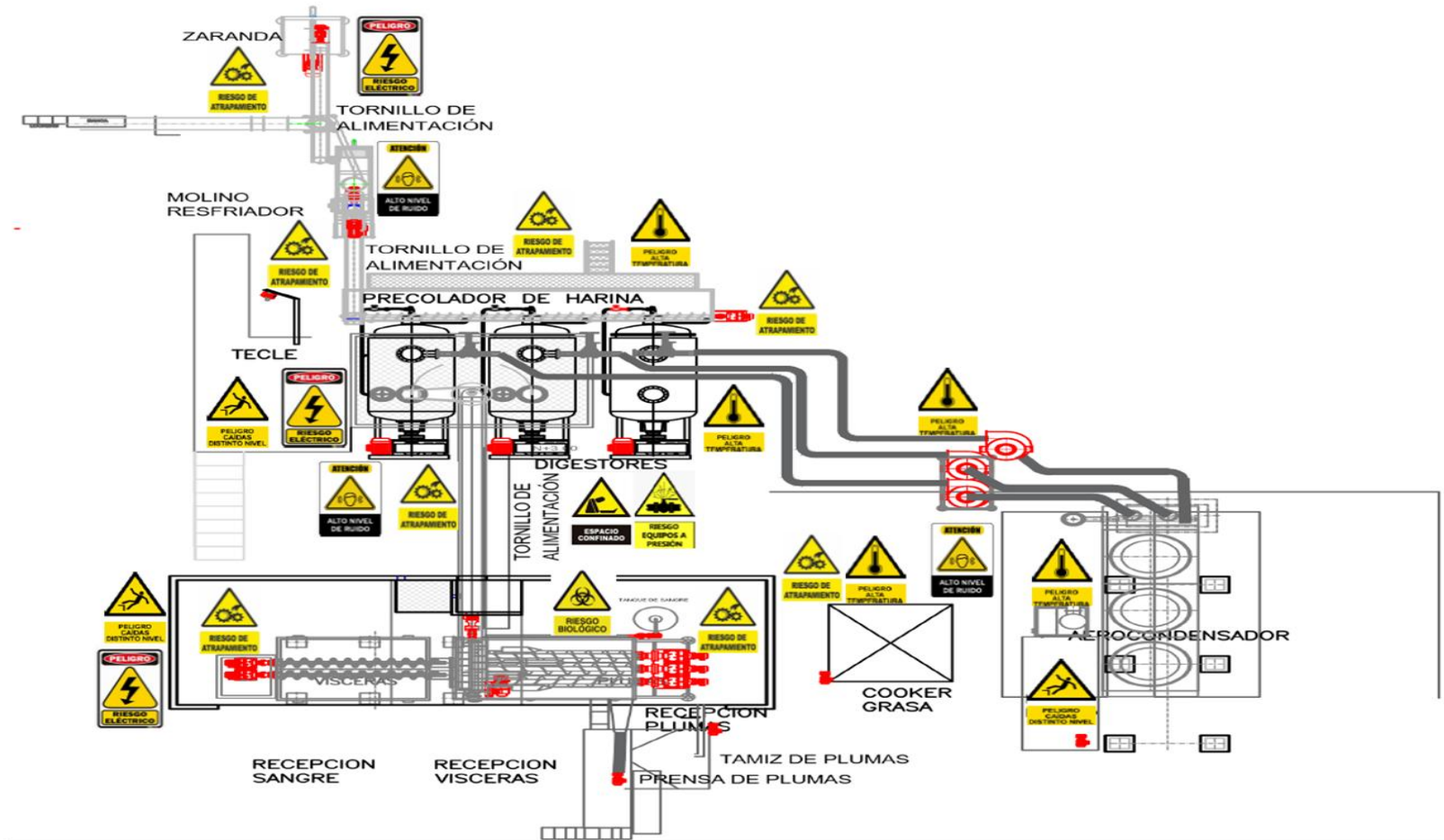
Mapa de riesgos en la planta de rendering

El esquema presentado representa un mapeo de riesgos estratégicamente elaborado para la planta de rendering del sector alimenticio avícola. Esta planta concentra procesos que combinan energía térmica, mecánica y eléctrica de forma simultánea, lo que amplifica la probabilidad de incidentes si no se aplican medidas de aislamiento energético y señalización preventiva adecuadas.

En primer lugar, los digestores se identifican como uno de los focos de mayor peligrosidad, no únicamente por el calor y la presión que acumulan, sino también por las características de su intervención interna. El mapa señala estos equipos con advertencias de "Peligro térmico", "Espacio confinado" y "Peligro por presión", reforzando la necesidad de una doble validación durante el procedimiento de aislamiento. Su cercanía con líneas de conducción de vapor eleva el riesgo de exposición simultánea a fuentes múltiples de energía.

Figura 11

Mapa de riesgos



Nota. El plano ilustra la disposición espacial de los equipos críticos dentro del área de renderizing y sus respectivas fuentes de peligro, representadas mediante señalética estandarizada (según NTE INEN 3864).

En la zona de recepción de vísceras y plumas, se evidencian advertencias como “Riesgo de atrapamiento”, “Riesgo biológico” y “Riesgo eléctrico”, lo cual obedece a la coexistencia de equipos móviles, humedad constante y motores trifásicos. Este entorno representa un escenario de intervención frecuente, donde los operadores están expuestos a atrapamientos en tornillos sinfín, salpicaduras contaminantes y descargas si no se realiza un bloqueo previo desde los tableros SP-TP.

La línea de transporte de harina, compuesta por el precolador, molino y zaranda, aparece señalizada con múltiples pictogramas por atrapamiento, ruido y alta temperatura. La presencia de elementos rotativos en serie (acoplamientos, martillos, zarandas) convierte esta sección en una de las más críticas desde el punto de vista mecánico. La aplicación de candados dieléctricos, bloqueadores de breaker y señalética de advertencia tipo “No operar durante mantenimiento” es obligatoria en esta área.

El sistema de aerocondensadores, ubicado en la esquina derecha del plano, concentra tres fuentes de energía diferenciadas: eléctrica (ventiladores), térmica (vapor residual), y neumática (válvulas de paso). Cada uno de estos puntos está marcado con símbolos de riesgo por caída de nivel, atrapamiento y exposición a alta temperatura, señalando la necesidad de equipos de protección específicos (calzado dieléctrico, mascarilla facial, arnés en altura) y un procedimiento secuencial de purga antes de la intervención.

El mapa presenta zonas de acceso restringido y puntos de bloqueo, que incluyen tableros de control, válvulas de vapor y tableros eléctricos, todos debidamente etiquetados. Esta señalización visual refuerza la implementación del sistema LOTO como herramienta central de control, permitiendo al personal reconocer con facilidad las áreas donde debe suspenderse el suministro de energía antes de ejecutar cualquier tarea.

La densidad de pictogramas en ciertas zonas del plano refleja de forma clara los “nodos de riesgo acumulado”, donde coinciden múltiples peligros. Esto implica que cualquier intervención en esos puntos requiere no solo procedimientos técnicos, sino coordinación entre operadores, supervisores y personal de mantenimiento.

- **Planos de ubicación de señalética y puntos de bloqueo**, integrados a la distribución de la planta, que permiten identificar visualmente las zonas de riesgo y equipos bajo control LOTO.
- **Estaciones de bloqueo físicas**, que contienen dispositivos certificados como candados dieléctricos, bloqueadores de disyuntores, grilletes y tarjetas de advertencia.
- **Programa de capacitación estructurado**, con módulos teóricos y prácticos, evaluaciones y certificación del personal autorizado para aplicar el sistema.
- **Simulación y validación de procedimientos**, a través de ejercicios reales y verificación in situ, los cuales forman parte del cierre del modelo operativo.

Esta propuesta ha sido diseñada con un enfoque adaptable, escalable y progresivo, permitiendo su implementación por fases de acuerdo con los recursos disponibles, sin comprometer la integridad ni la eficacia del sistema.

La documentación generada, manual, fichas, señalética y plano, forma parte del producto tangible final del proyecto y está disponible tanto en formato físico como digital, asegurando su acceso, consulta y actualización dentro de los sistemas de gestión internos de la planta.

Listado de kits para bloqueo

El desarrollo de la siguiente clasificación responde a la necesidad de establecer un sistema uniforme para la identificación y control de energías peligrosas, integrando dispositivos específicos por categoría funcional. Esta estandarización no es un mero requisito documental, sino

un pilar del sistema LOTO, porque permite que cada intervención, ya sea preventiva o correctiva, se ejecute bajo condiciones controladas, eliminando cualquier posibilidad de activación inesperada.

La categorización se ha realizado considerando la diversidad de equipos presentes en la planta, desde unidades de producción hasta dispositivos de laboratorio, reconociendo que cada uno de ellos involucra riesgos particulares. Por este motivo, se asignaron códigos únicos para cada categoría, lo que facilita el registro, la trazabilidad y la correcta aplicación de procedimientos de bloqueo y etiquetado.

Tabla 7.
Categoría del Dispositivo y Código

Categoría del Dispositivo	Código
Equipos de Producción (PD)	1
Equipos Eléctricos (EL)	2
Tanques de almacenamiento (TA)	3
Equipos de Transporte (TR)	4
Equipos de Soporte (SP)	5
Equipos de Mantenimiento (MT)	6
Equipos de HVAC (HV)	7
Equipos de Seguridad (SG)	8
Equipos de Laboratorio (LB)	9
Equipos de Tecnología de la Información (IT)	10
Equipos de Cocina (CK)	11
Equipos de Oficina (OF)	12

En la Tabla 7 se presenta la clasificación estandarizada de categorías de dispositivos con sus respectivos códigos, diseñada para estructurar el inventario de kits de bloqueo dentro del sistema LOTO. Esta codificación permite asociar rápidamente cada equipo (producción, eléctricos, transporte, laboratorio, etc.) con su categoría funcional, facilitando el registro y control de los dispositivos utilizados en cada intervención. Gracias a este esquema, el personal técnico puede identificar de forma inmediata el tipo de equipo que será intervenido, reduciendo tiempos de respuesta en emergencias y evitando errores de asignación de dispositivos. Además, este sistema de codificación favorece la trazabilidad documental, integrándose con los formatos de inspección y las listas de chequeo que sustentan la gestión preventiva bajo la OSHA 1910.147 y la ISO 45001.

La codificación definida permite integrar la gestión de dispositivos al sistema LOTO de forma ordenada, evitando confusiones durante las fases de inspección o intervención. Este esquema se complementa con los formatos de control y las listas de chequeo, asegurando que el personal técnico pueda ubicar, bloquear y documentar cada equipo bajo un mismo lenguaje operativo. Con este diseño, se garantiza no solo la identificación inmediata de la categoría, sino también la reducción del tiempo de respuesta en caso de contingencias críticas.

Listado de dispositivos LOTO

El siguiente conjunto detalla los elementos que componen el sistema LOTO y su aplicación en la planta, partiendo de la premisa de que cada energía peligrosa debe ser neutralizada con el dispositivo adecuado. La clasificación se organiza por tipo funcional (bloqueadores, etiquetas, estaciones), asegurando la disponibilidad del recurso correcto para cada punto de control. Esta planificación evita improvisaciones, que son la causa más frecuente de fallas en la ejecución del aislamiento seguro.

Tabla 8.
Dispositivos LOTO

Código	Dispositivo LOTO	Tipo funcional	Función / uso principal	Energía objetivo	Ejemplo de aplicación
11	Candados de bloqueo	Bloqueo	Asegurar el punto de aislamiento; impedir la activación accidental	Todas (eléctrica, mecánica, fluidos)	Candado en seccionador etiquetado durante mantenimiento
12	Etiquetas de bloqueo	Etiquetado	Señalizar responsable, fecha y motivo; estado del equipo (bloqueado/no operar)	Todas	Tag con nombre y área en tablero de distribución
13	Bloqueadores de interruptores (breakers)	Bloqueo	Inmovilizar palancas de interruptores automáticos	Eléctrica	Breaker DIN/MCCB en CCM o tablero
14	Bloqueadores de válvulas (rueda/volante)	Bloqueo	Inmovilizar válvulas de compuerta, globo o mariposa	Fluidos (agua, vapor, gas)	Válvula de proceso en línea de vapor
15	Bloqueadores de cables	Bloqueo	Bloqueo multipunto con un solo dispositivo (alcance flexible)	Varias	Agrupar varias válvulas pequeñas en una maniobra única
16	Bloqueadores de conexiones hidráulicas	Bloqueo	Cegar o aislar acoples rápidos; evitar reconexión	Hidráulica	Mangueras de prensa hidráulica
17	Bloqueadores de enchufes	Bloqueo	Encapsular enchufes para impedir conexión	Eléctrica	Enchufe 120/240 V de equipos portátiles
18	Bloqueadores de válvulas en línea (pinza/manguera)	Bloqueo	Pinzar líneas flexibles para cortar fluido/aire	Neumática / Fluidos	Manguera neumática de máquina de empaque
19	Bloqueadores de interruptores de botón/selector	Bloqueo	Encapsular pulsadores, selectores o setpoints para impedir accionamiento	Eléctrica de control	Botón “START” en panel HMI/PLC
20	Bloqueadores de fusibles	Bloqueo	Impedir reinstalación o rearme de fusibles	Eléctrica	Porta-fusible en tablero de control
21	Estación LOTO	Almacenamiento	Centralizar candados, etiquetas y accesorios; disponibilidad y control de inventario	N/A	Tablero con kits, registros y llaves maestras bajo custodia

En la Tabla 8 se tiene el conjunto de dispositivos LOTO codificados del 11 al 21, organizado por tipo funcional (bloqueo, etiquetado y almacenamiento) y vinculado a su energía objetivo y uso típico en planta. Esta clasificación agiliza la selección del dispositivo adecuado para cada punto





de control (breakers, válvulas, enchufes, líneas hidráulicas/neumáticas), reduce el riesgo residual por uso inadecuado y mejora la trazabilidad en auditorías; la estación LOTO centraliza recursos e inventario, y todo el esquema se alinea con OSHA 1910.147 e integra prácticas de gestión bajo ISO 45001.

La secuencia numérica implementada establece un orden lógico para la gestión del sistema, garantizando que las tareas de bloqueo se realicen con dispositivos que cumplen la función específica para cada tipo de energía. Este detalle no es menor, porque utilizar un dispositivo inadecuado podría generar un riesgo residual significativo, comprometiendo la efectividad del procedimiento y la seguridad del trabajador. Por ello, cada elemento listado no solo se adquiere en función de su disponibilidad, sino por la certificación de que cumple con los estándares internacionales OSHA 1910.147.





Listado de dispositivos por código

La siguiente relación corresponde al inventario detallado de dispositivos y su código de identificación dentro de la planta. Este nivel de especificación es necesario para evitar duplicidades, optimizar la gestión del stock y asegurar que cada equipo crítico disponga del bloqueo apropiado durante las intervenciones programadas o de emergencia.

Tabla 9.*Listado con códigos*

CÓDIGO	NOMBRE	IMAGEN	CAT
PS-14-04	Bloqueo de válvula de compuerta ajustable		1
PS-14-01	Bloqueo de válvula universal pequeño		1
PS-14-02	Brazo de bloqueo		1
PS-11-01 PS-11-02	BLOQUEO DE SEGURIDAD 1.5IN KA ROJO NYLN SHKL 6PK		2

PS-13-04	Dispositivo de bloqueo para interruptores con abrazadera de gran tamaño		1
PS-13-03	Dispositivo de bloqueo de abrazadera para interruptores automáticos		1
PS-12-01 PS-12-02	PELIGRO No opere las etiquetas de bloqueo y etiquetado de la fuente de energía		2

PS-13-01	Bloqueo con abrazadera para interruptores automáticos		1
PS-13-06	Bloqueo con abrazadera para interruptores automáticos de 120V		1
PS-13-02	Dispositivo de bloqueo universal para interruptores multipolares		1
PS-14-03	Quick View VÁLVULA DE BOLA LO – PEQUEÑO 9/32IN NYLON		1

PS-15-01	Mini Dispositivo de Bloqueo con cable		1
PS-14-05	Dispositivos de bloqueo para válvulas de compuerta		1
PS-13-05	Bloqueo de interruptor de pared rojo		1
PS-14-06 PS-14-07	Sistema de bloqueo de válvulas macho		2

En la Tabla 9 se consolida el inventario detallado de dispositivos de bloqueo existentes en la planta, identificados mediante un sistema de códigos únicos (formato PS-XX-XX) que permite relacionarlos directamente con sus respectivas categorías funcionales. Este nivel de codificación facilita la gestión logística y evita duplicidades en el stock, asegurando que cada punto de control cuente con el dispositivo específico requerido para su aislamiento. La variedad registrada, desde bloqueos universales para interruptores hasta dispositivos especializados para válvulas de bola, compuerta o sistemas multipolares, permite cubrir todas las configuraciones presentes en la instalación, eliminando la improvisación durante las tareas de mantenimiento. Además, este esquema fortalece la trazabilidad operativa y mejora la verificación en auditorías bajo los lineamientos de la OSHA 1910.147 y la ISO 45001, integrándose al sistema de control documental del programa LOTO.

El listado refleja la diversidad de bloqueos implementados, abarcando desde sistemas universales para interruptores automáticos hasta dispositivos específicos para válvulas de bola y compuerta. Esta variedad permite cubrir todas las configuraciones presentes en la planta, reduciendo a cero la improvisación durante el aislamiento de energías peligrosas. Asimismo, la codificación unificada entre dispositivos y categorías asegura la trazabilidad, un factor que fortalece el control interno y la verificación en auditorías de cumplimiento normativo.

Mapa de categorías y equipos críticos

El mapeo de categorías y equipos críticos representa la base para definir la ubicación de cada dispositivo LOTO en el entorno operativo. Se ha organizado bajo una estructura jerárquica que inicia con la categoría y desciende hasta el equipo específico, garantizando una correlación directa con el código asignado. Esta segmentación facilita la inspección y la aplicación del procedimiento, asegurando que el operario intervenga con el recurso exacto para el equipo correspondiente.

Tabla 10.
Categorías y códigos

CATEGORIA	CÓDIGO
Equipos de Producción (PD)	01
Alimentadores automáticos	01
Bebedores automáticos	01
Incubadoras	01
Equipos Eléctricos (EL)	02
Tableros eléctricos	02
Transformadores	02
Motores eléctricos	02
Bombas de agua	02
Soplador	02
Tanques de almacenamiento (TA)	03
SISTERNA	03
Tanque de almacenamiento de combustible	03
Tanque de amoniaco	03
Tanque de aire comprimido: TA004	03
Equipos de Transporte (TR)	04
Bandas transportadoras	04
Carros de transporte interno	04
Camiones de distribución	04
Equipos de Soporte (SP)	05
Generadores eléctricos	05
Compresores de aire	05
Equipos de Mantenimiento (MT)	06
Tornos	06
Soldadoras	06
Herramientas eléctricas	06
Equipos de HVAC (HV)	07
Sistemas de ventilación	07
Calderas	07
Aire acondicionado	07
Equipos de Seguridad (SG)	08
Sistemas de alarma	08
Extintores	08
Rociadores de incendio	08
Equipos de Laboratorio (LB)	09
Microscopios	09
Centrífugas	09
Espectrofotómetros	09
Equipos de Tecnología de la Información (IT)	10
Servidores	10
Racks de red	10
Unidades de almacenamiento	10

Equipos de Cocina (CK)	11
Hornos industriales	11
Refrigeradores	11
Lavavajillas industriales	11
Equipos de Oficina (OF)	12
Impresoras	12
Fotocopiadoras	12
Escáneres	12

En la Tabla 10 se representa el mapa jerárquico de categorías y equipos críticos, en el que cada grupo funcional (producción, eléctricos, transporte, soporte, etc.) se vincula con los equipos específicos que lo componen y su respectivo código operativo, estructura que permite localizar con rapidez el dispositivo LOTO adecuado según el tipo de equipo, asegurando coherencia entre la codificación de inventario y el punto de aplicación en campo. Al centralizar la información por niveles (categoría → equipo → código), se facilita la planificación de bloqueos, la inspección preventiva y la gestión documental, reduciendo errores humanos y tiempos de respuesta.

La categorización permite que la empresa cuente con un inventario dinámico vinculado al plan de bloqueo, haciendo posible el monitoreo permanente del estado de cada equipo. Este sistema no solo fortalece la seguridad, sino que optimiza la logística interna, reduciendo tiempos de intervención y costos asociados a paradas no programadas. Además, este ordenamiento contribuye a que el programa de mantenimiento preventivo se ejecute sin riesgos, alineándose con las mejores prácticas en gestión industrial.

Capacitación del Personal en el Sistema LOTO

La implementación del sistema LOTO no se limita a la instalación de dispositivos y señalización, sino que requiere la formación integral del personal para garantizar su correcta aplicación. Por tal motivo, se desarrolló una jornada de capacitación dirigida a los trabajadores autorizados, encargados de la operación y mantenimiento de equipos críticos dentro de la planta de rendering. Esta acción formativa se diseñó con el propósito de consolidar competencias

prácticas y teóricas en torno a la identificación de energías peligrosas, la aplicación del bloqueo y etiquetado, así como el cumplimiento de los protocolos normativos establecidos.

Figura 12

Capacitación liderada por el autor sobre el sistema LOTO



La capacitación se estructuró en dos fases: una explicación conceptual que abordó la fundamentación técnica del sistema, y una fase práctica que permitió a los participantes ejecutar el procedimiento en condiciones simuladas, reforzando la comprensión mediante la interacción con dispositivos reales. Esta metodología asegura que el personal no solo memorice pasos, sino que entienda la importancia del control de energías en la prevención de accidentes graves.

Como parte del proceso formativo, se aplicó una evaluación de conocimientos que permitió verificar la asimilación de los contenidos impartidos. El formato utilizado para esta evaluación se elaboró con base en las normativas OSHA 1910.147 y adaptado a la realidad operativa de la empresa. Este documento, titulado “Evaluación de Conocimiento del Sistema LOTO”, contiene

diez preguntas de selección única orientadas a valorar la comprensión del objetivo del sistema, las responsabilidades asignadas, y las acciones previas y posteriores al bloqueo.

El formato completo puede consultarse en **Anexo 1**, donde se detallan las instrucciones para el evaluado, las preguntas, y los espacios asignados para la identificación y firma tanto del evaluador como del evaluado. Esta herramienta constituye un componente esencial para la certificación interna de competencias en el manejo seguro de energías peligrosas, alineándose con la política de seguridad y salud ocupacional implementada por la empresa.

Proceso de implementación del sistema LOTO en la planta

La ejecución del sistema LOTO en la planta de rendering se desarrolló en varias fases operativas que abarcaron la instalación física de gabinetes, la disposición de dispositivos de bloqueo, la organización de kits portátiles y la verificación de los espacios asignados. Cada etapa se documentó fotográficamente, con el fin de garantizar la trazabilidad del proyecto y la validación del cumplimiento técnico.

Instalación de gabinetes y estaciones LOTO

En la figura 12 se aprecia uno de los gabinetes completamente equipado con los dispositivos LOTO fundamentales: candados, etiquetas de advertencia, bloqueadores de válvula, dispositivos universales y el registro de control para la asignación de llaves. Este módulo se instaló en un punto estratégico del área operativa, considerando la cercanía con equipos críticos que requieren intervención frecuente. La elección de un gabinete cerrado y visible en color amarillo responde a dos criterios: la preservación de los dispositivos en condiciones adecuadas y la identificación rápida por parte del personal autorizado. El diseño interno permite ubicar cada herramienta en una posición fija, evitando pérdidas o mezclas que entorpezcan la respuesta en emergencias.

Figura 13

Gabinete equipado



La figura 14 muestra el gabinete vacío antes de ser equipado, lo que evidencia la secuencia lógica del proceso: primero la instalación física, luego la fijación de soportes internos y finalmente la colocación de los dispositivos. Este orden garantiza que la estructura soporte el peso total y mantenga la estabilidad requerida en ambientes industriales.

Figura 14

Gabinete inicial



En la figura 14 se observa la etapa previa al montaje, donde el personal técnico prepara los gabinetes (en este caso, color rojo para otra área) asegurando el anclaje de los soportes y verificando las dimensiones conforme al plano técnico del anexo de diseño (foto6), el cual detalla las medidas exactas: 90 cm de ancho, 60 cm de alto y 20 cm de fondo, con divisiones calculadas para optimizar la distribución interna de dispositivos. Este plano fue indispensable para adaptar la

estructura al espacio disponible, sin interferir con rutas de evacuación ni comprometer la ergonomía del área.

Figura 15

Proceso de montaje

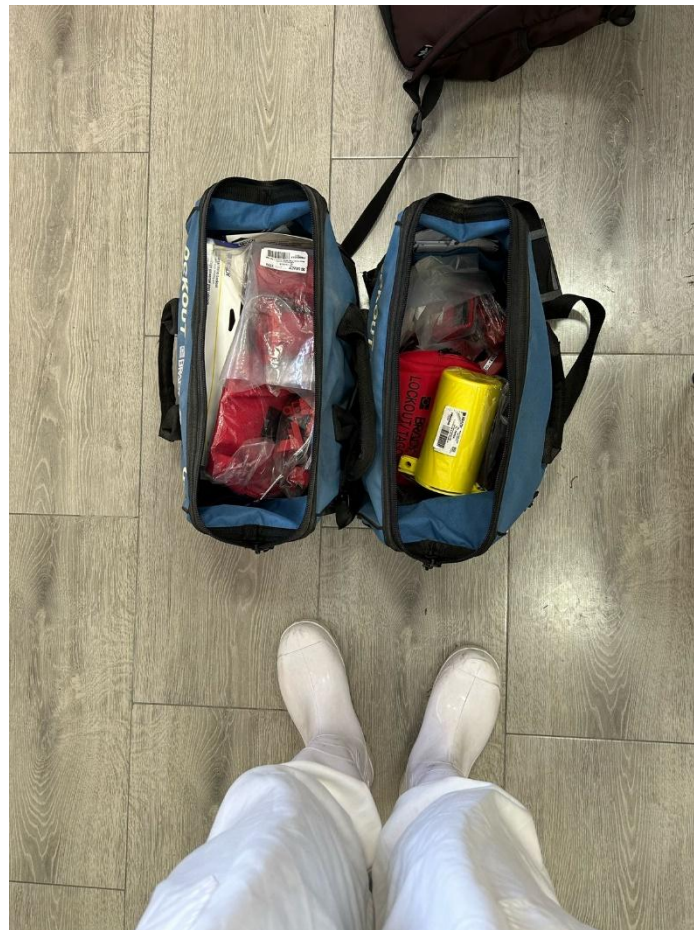


Organización y distribución de kits portátiles

En la figura 15 se evidencia la preparación de los kits portátiles, dispuestos en bolsas especializadas para su transporte dentro de la planta. Cada kit contiene candados, etiquetas y bloqueadores, destinados a equipos que no se encuentran próximos a la estación fija, garantizando así la aplicabilidad del sistema en cualquier punto del proceso productivo. Esta disposición responde al principio de accesibilidad operativa, reduciendo tiempos de respuesta ante paradas no programadas o mantenimientos correctivos.

Figura 16

Kits portátiles

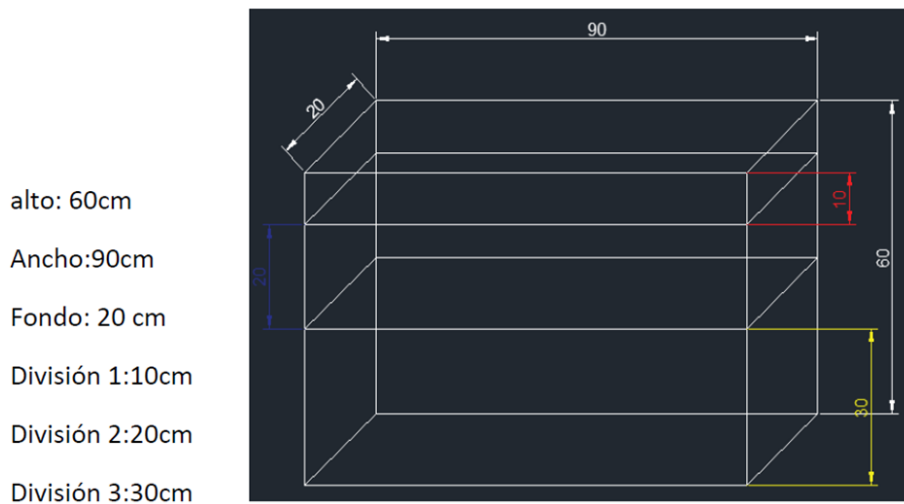


Especificaciones del diseño del gabinete

El esquema técnico representado en la figura 16 fue la guía estructural para la construcción del gabinete. Las divisiones internas, con medidas de 10 cm, 20 cm y 30 cm respectivamente, se definieron considerando la variedad de dispositivos LOTO, algunos de los cuales presentan dimensiones mayores (por ejemplo, bloqueadores de válvula de compuerta y dispositivos universales para interruptores multipolares). Esta previsión evita sobrecargas y facilita la manipulación rápida de los elementos durante la ejecución de tareas críticas.

Figura 17

Esquema



Conclusión del proceso de implementación

El desarrollo mostrado en las imágenes evidencia que la implementación no se limitó a la simple colocación de equipos, sino que obedeció a una metodología planificada, en la cual cada detalle, desde la elección del material hasta la codificación de dispositivos, se articuló para crear un sistema seguro, visible y eficiente. Este enfoque asegura que el programa LOTO no sea un requisito formal, sino una herramienta efectiva para controlar energías peligrosas en la planta de rendering.

Resultados obtenidos

El desarrollo e implementación del sistema LOTO junto con el esquema de señalización en la planta de rendering (sector alimenticio avícola, con procesos de alta complejidad energética) generó un conjunto de productos operativos que no se limitan únicamente al cumplimiento documental, sino que, más bien, se traducen en medidas de control visibles, accesibles y reproducibles. El punto de partida fue claro: había una necesidad urgente (identificada durante el diagnóstico previo) de diseñar un sistema que permita aislar las energías peligrosas sin depender exclusivamente del criterio empírico del operador o de medidas reactivas sin protocolo.

De esta manera, se logró confeccionar un manual técnico integral, no como una compilación de normas, sino como un instrumento de aplicación diaria, que organiza políticas internas, responsabilidades y formatos específicos, y además proporciona una metodología clara para aplicar procedimientos de bloqueo y etiquetado. Este documento, consultable, replicable, actualizado, no se encuentra aislado: va acompañado por fichas técnicas codificadas, una por cada equipo crítico, en las que se detalla (con apoyo visual y simbología estandarizada) el paso a paso de intervención, señalización y verificación de ausencia de energía. Cada ficha es, en efecto, una guía de acción real que responde al entorno técnico de la planta, al ruido, a la humedad, a las presiones (no solo físicas, sino también operativas).

Se materializó la instalación de estaciones de bloqueo, con gabinetes de acceso inmediato, visibles y ordenados. Estas unidades físicas contienen candados dieléctricos, bloqueadores de breaker, etiquetas codificadas y herramientas específicas (algunas con ajuste universal, otras diseñadas para interruptores de una sola fase), lo cual permite que el operario tenga acceso, sin pérdida de tiempo, al recurso exacto que necesita. Y si el equipo se encuentra alejado (algo común en estructuras industriales con áreas divididas), se dispuso también de kits portátiles, que no son

una réplica improvisada, sino una estrategia de alcance total. Cada kit contiene lo esencial: candado, bloqueador, tag, en una bolsa compacta, resistente y de uso inmediato.

El sistema de señalización también fue implementado con lógica y secuencia, no se trató de colocar señales por cumplir. Se diseñaron e instalaron 35 señaléticas, distribuidas según el mapeo IPER, con pictogramas de advertencia, obligación y prohibición, en zonas donde el cruce de variables energéticas y humanas genera mayor riesgo (digestores, aerocondensadores, cookers, zarandas, tableros eléctricos). Cada señal no es decorativa, advierte y previene, es un lenguaje operativo que recuerda al trabajador qué no debe hacer (aunque crea que ya sabe cómo hacerlo), porque el accidente no avisa, ocurre cuando se relajan los procedimientos.

Como complemento, se desarrolló un programa de capacitación especializado, segmentado en fases teóricas (normativa, riesgos, roles, tipos de energía) y prácticas (bloqueo físico, prueba de ausencia de energía, aplicación de candado, retirada del dispositivo solo por quien lo colocó). El contenido fue evaluado con un instrumento validado (ver Anexo 1), lo que permite asegurar que los operadores conocen el procedimiento, y no solo lo memorizan.

Tabla 11.*Síntesis técnica de resultados obtenidos*

Resultado obtenido	Detalle técnico
Manual técnico del sistema LOTO	1 documento completo: incluye normativa OSHA/NTE INEN, políticas, formatos, procedimientos operativos
Fichas técnicas codificadas por equipo	6 equipos críticos con fichas paso a paso, codificadas, visuales, con identificación de riesgos y EPP
Estaciones físicas de bloqueo	2 gabinetes equipados con dispositivos certificados, instalados en puntos estratégicos de la planta
Kits portátiles de intervención rápida	5 kits con dispositivos básicos para bloqueo móvil en áreas remotas o de acceso irregular
Inventario de dispositivos LOTO implementados	Más de 40 unidades funcionales: candados, bloqueadores, etiquetas, válvulas, estaciones, codificadas
Señalización de seguridad conforme NTE INEN 3864	35 señales visibles, resistentes, instaladas según mapeo de riesgo operacional, en zonas críticas
Mapa de riesgos con integración IPER y señalética	1 plano técnico con pictogramas codificados, puntos de bloqueo, áreas restringidas y nodos de riesgo
Capacitación con evaluación certificada	1 jornada formativa, evaluación aplicada y registro firmado para control interno
Validación en campo mediante simulacros	3 equipos intervenidos, aplicación del sistema LOTO documentada paso a paso (con registro fotográfico)
Manual técnico del sistema LOTO	1 documento completo: incluye normativa OSHA/NTE INEN, políticas, formatos, procedimientos operativos
Fichas técnicas codificadas por equipo	6 equipos críticos con fichas paso a paso, codificadas, visuales, con identificación de riesgos y EPP
Estaciones físicas de bloqueo	2 gabinetes equipados con dispositivos certificados, instalados en puntos estratégicos de la planta
Kits portátiles de intervención rápida	5 kits con dispositivos básicos para bloqueo móvil en áreas remotas o de acceso irregular
Inventario de dispositivos LOTO implementados	Más de 40 unidades funcionales: candados, bloqueadores, etiquetas, válvulas, estaciones, codificadas

En la Tabla 11 se sintetizan de forma estructurada los principales productos técnicos generados tras la implementación integral del sistema de bloqueo y etiquetado de energías peligrosas en la planta de rendering, alineado con los lineamientos de la OSHA 1910.147 y la NTE INEN 3864. Este resumen permite visualizar el alcance tangible del proyecto: manual técnico institucionalizado, fichas codificadas para equipos críticos, estaciones de bloqueo fijas, kits portátiles, inventario funcional completo de dispositivos, señalética resistente instalada en zonas de riesgo, mapeo IPER integrado, capacitación certificada y validación práctica mediante simulacros. Cada elemento listado representa un componente operativo que trasciende lo documental, ya que se encuentra disponible en planta y es utilizado de manera rutinaria por el personal técnico, lo que evidencia que el sistema LOTO ha pasado de ser un plan proyectado a convertirse en un proceso estandarizado, verificable y sostenible en el tiempo.

Adicionalmente, se ejecutaron simulacros de validación en campo, sobre equipos como el tamiz de plumas, digestor, molino de harina, donde no solo se probó la eficiencia del procedimiento, sino también la funcionalidad real del dispositivo, la identificación correcta del punto de aislamiento, y la ejecución sin desvíos del método SAM. Estas simulaciones evidenciaron que el sistema LOTO diseñado es aplicable, funcional y replicable en otros equipos que aún no han sido intervenidos.

Resultados comparativos antes y después del diseño del sistema LOTO y señalización

La implementación del sistema LOTO junto con la señalética conforme a norma permitió evidenciar, con sustento técnico verificable, que los riesgos anteriormente presentes en la planta de rendering no solo fueron diagnosticados, sino que comenzaron a ser controlados mediante un conjunto de acciones estructuradas. Las condiciones iniciales, que implicaban omisiones graves en la señalización, ausencia total de procedimientos de bloqueo y una cultura de seguridad aún basada en prácticas empíricas, se transformaron (de forma gradual, aunque efectiva) en un sistema

capaz de reducir las probabilidades de ocurrencia de accidentes relacionados con energías peligrosas.

Antes de esta intervención, la planta presentaba señales mínimas (cuando no inexistentes), una intervención eléctrica sin bloqueo ni verificación de tensión (lo cual es técnicamente inaceptable en procesos con motores trifásicos) y una manipulación de equipos mecánicos como molinos, zarandas o digestores sin lineamientos estructurados, con riesgo constante de atrapamientos (incluso con protecciones parciales o desgastadas). La evaluación inicial, sustentada en matrices IPER y la aplicación de QFD, dio como resultado una clasificación de riesgo entre moderado y crítico, dependiendo del tipo de energía y la operación.

Con la ejecución del sistema diseñado, los niveles de exposición fueron intervenidos. No se trata de una eliminación absoluta del riesgo (lo cual sería técnicamente utópico), sino de su mitigación racional a través de dispositivos certificados, fichas codificadas por equipo, procedimientos validados en campo, y capacitación interna que refuerza los criterios de acción segura. La evidencia se presenta a continuación.

Tabla 12.*Situación antes y después de la implementación del sistema LOTO y señalética*

Aspecto evaluado	Situación antes de implementación	Situación después de implementación
Señalización en áreas críticas	Señalización básica, no conforme a INEN 3864, sin advertencias claras	35 señales instaladas en zonas críticas, conforme NTE INEN 3864
Aplicación de procedimientos LOTO	Inexistente, solo se apagaban equipos desde el tablero	Procedimientos LOTO estandarizados aplicados y validados en campo
Control de energía térmica	Protección térmica parcial, sin fichas ni señalética preventiva	Control térmico con señalética y pasos seguros en fichas codificadas
Control de energía mecánica	Riesgo alto por partes móviles sin bloqueo ni verificación	Dispositivos aplicados en molinos, digestores, tamices, etc.
Control de energía eléctrica	Ausencia de pruebas de tensión, bloqueo o etiquetado	Candados, bloqueadores y etiquetas en tableros y equipos eléctricos
Capacitación del personal	No había formación formal ni simulacros	Jornadas teóricas-prácticas aplicadas, con evaluación técnica
Existencia de fichas técnicas por equipo	No existían fichas, el conocimiento era empírico	Fichas LOTO codificadas con pasos por equipo crítico
Instalación de dispositivos de bloqueo	Sin dispositivos estandarizados ni gabinete de control	2 estaciones fijas y 5 kits móviles con dispositivos certificados
Disponibilidad de kits portátiles	Kits inexistentes, sin portabilidad para intervención rápida	Kits preparados y asignados por áreas operativas
Mapa de riesgos y señalética conforme a norma	Mapa de riesgos no documentado ni visualmente representado	Plano de riesgos con pictogramas e identificación por colores

En la Tabla 12 se muestra de forma comparativa el estado de la planta antes y después de la implementación del sistema de bloqueo y etiquetado de energías peligrosas, conforme a los lineamientos de la OSHA 1910.147 y la NTE INEN 3864. Esta comparación evidencia que la intervención no consistió en simples mejoras estéticas, sino en una transformación estructural del entorno operativo: se pasó de no tener señalización ni dispositivos de bloqueo a disponer de estaciones fijas, kits portátiles, procedimientos codificados, fichas técnicas específicas y personal

entrenado. Cada aspecto evaluado, señalización, control de energías térmica, mecánica y eléctrica, capacitación, documentación técnica y gestión de riesgos, presenta ahora un nivel de control verificable, lo que convierte a este sistema en una barrera técnica activa que mitiga el riesgo residual.

Como se observa en la tabla, la transformación no fue cosmética ni parcial, sino estructural. Lo cual indica, de manera clara, que la implementación del sistema propuesto logró contener y canalizar múltiples deficiencias que antes estaban dispersas, sin gestión técnica efectiva. Ahora, con gabinetes disponibles, señalización visible, dispositivos específicos para cada tipo de equipo, procedimientos codificados y personal capacitado, la planta dispone de una barrera técnica y operativa que disminuye los niveles de riesgo.

Esta comparación no solo representa un inventario de mejoras, sino una validación del diseño como respuesta directa a las necesidades previamente identificadas. Porque si bien los peligros siguen existiendo (la energía no desaparece), ahora están controlados. Y eso, en seguridad industrial, marca la diferencia entre la prevención efectiva y el accidente evitable.

Análisis de cumplimiento y progreso

El diseño de procedimientos específicos LOTO, que se desarrolló entre el 1 y el 15 de mayo, se completó sin retrasos y permitió establecer la base metodológica del sistema, incluyendo el enfoque SAM y la articulación con normativas como OSHA 1910.147. La duración total de esta fase fue de 14 días, tiempo suficiente para definir estándares técnicos adaptados al entorno de la planta.

Posteriormente, del 16 al 31 de mayo, se llevó a cabo el desarrollo de fichas técnicas LOTO, con una duración de 15 días, en los cuales se generaron fichas codificadas para los equipos críticos.

Este componente fue clave para asegurar la estandarización de los procedimientos por máquina, con enfoque gráfico y operativo.

Tabla 13.

Situación antes y después de la implementación del sistema LOTO y señalética

Actividades	Progreso	Fecha de inicio	Duración en días	Fecha fin
Diseño de procedimientos específicos LOTO	100%	1-may	14	15-may
Desarrollo de fichas técnicas LOTO	100%	16-may	15	31-may
Diseño de señalética y plano de ubicación	100%	1-jun	14	15-jun
Elaboración del mapa de riesgos	100%	22-may	35	26-jun
Preparación de kits LOTO y estaciones	100%	5-jun	33	8-jul

En la Tabla 13 se presenta el cronograma consolidado de ejecución de las principales actividades que estructuraron el sistema de bloqueo y etiquetado de energías peligrosas, en concordancia con los lineamientos de la OSHA 1910.147 y el enfoque preventivo SAM. Este análisis de cumplimiento evidencia que todas las fases fueron completadas en los plazos previstos, sin retrasos ni reprogramaciones, lo cual refleja una adecuada planificación técnica y logística. La secuencia inició con el diseño de los procedimientos LOTO, continuó con el desarrollo de fichas técnicas por equipo, la elaboración de señalética y planos de ubicación, el levantamiento del mapa de riesgos y finalizó con la preparación de kits y estaciones físicas. Cada actividad, además de cumplir con su cronograma, generó entregables tangibles que hoy forman parte del sistema

operativo de la planta, consolidando un modelo de gestión de energías peligrosas técnicamente validado y sostenible en el tiempo.

Entre el 1 y el 15 de junio, se ejecutó el diseño de señalética y plano de ubicación, completado también en 14 días. Esta fase tuvo como resultado la instalación de 35 señaléticas, todas ellas bajo los lineamientos de la NTE INEN 3864, ubicadas estratégicamente en zonas de riesgo térmico, eléctrico, mecánico y de confinamiento.

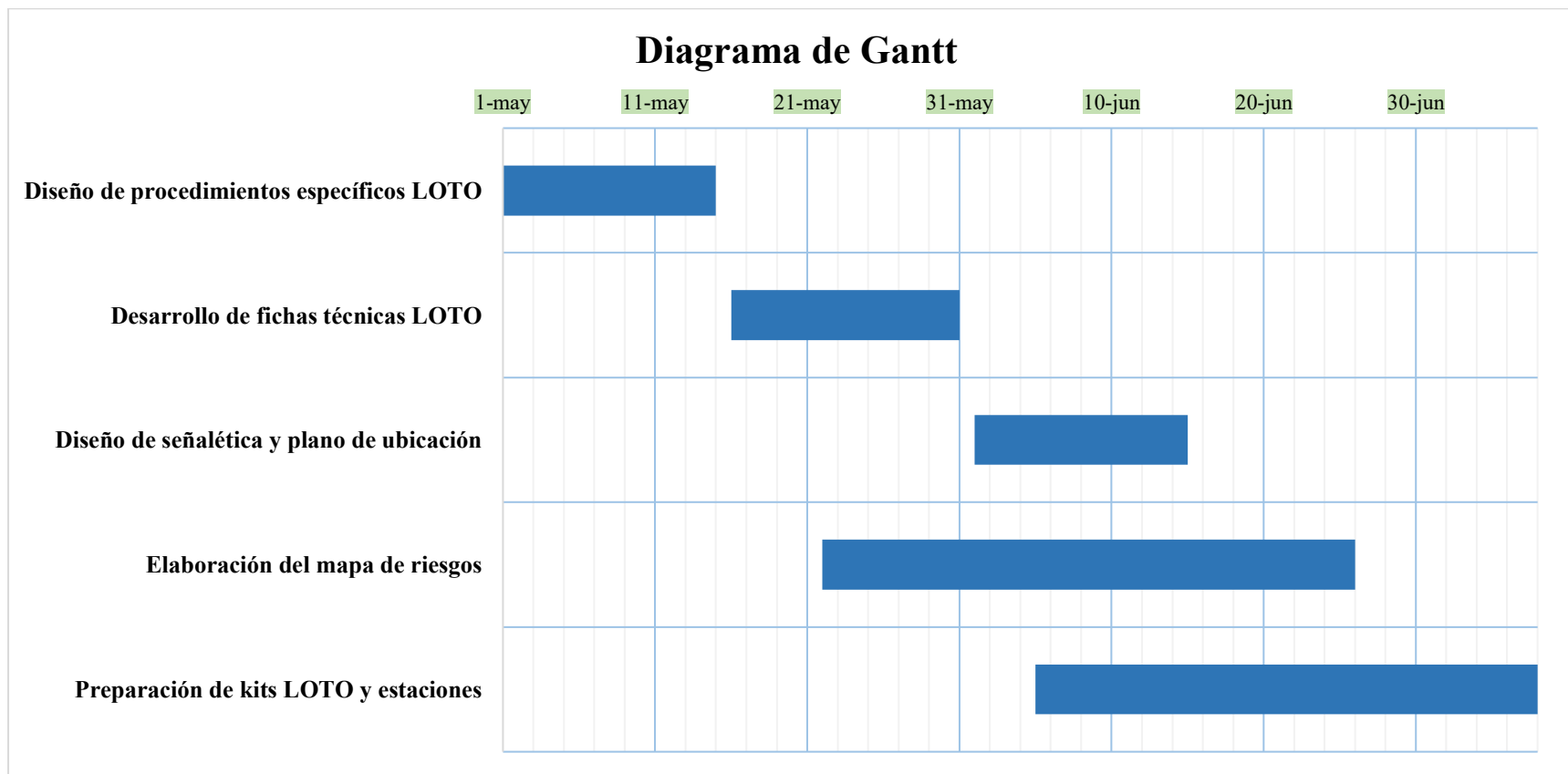
La elaboración del mapa de riesgos, una de las fases más prolongadas (35 días, del 22 de mayo al 26 de junio), implicó una recolección exhaustiva de información y la construcción de un plano de riesgos con pictogramas normativos. Esta etapa permitió integrar las matrices IPER previas en un formato visual y operativo.

Entre el 5 de junio y el 8 de julio, se ejecutó la preparación de los kits LOTO y estaciones, con una duración de 33 días. Esta etapa implicó la instalación física de gabinetes, la organización interna de los dispositivos, la codificación de kits móviles y su distribución funcional por áreas operativas, lo cual permite la respuesta rápida en caso de mantenimientos o paradas no programadas.

El diagrama de Gantt de la figura 17 presentado sintetiza gráficamente la secuencia y duración de las actividades descritas. Visualmente, se observa una distribución lógica y progresiva, con actividades que se superponen parcialmente, lo cual refleja una gestión de tiempo eficiente y una planificación paralela en ciertos momentos críticos (por ejemplo, el traslape entre la elaboración del mapa de riesgos y la preparación de kits LOTO). Además, el hecho de que todas las barras azules finalicen antes del 8 de julio confirma el cumplimiento del plazo máximo establecido, sin desviaciones que comprometan la integridad del proyecto.

Figura 18

Diagrama de Gantt



Asimismo, se destaca el criterio técnico aplicado en la asignación de duraciones, donde las actividades más analíticas o de intervención compleja (como el mapeo de riesgos o la organización de kits) ocupan lapsos más prolongados, lo cual refuerza la coherencia entre la planificación y la carga de trabajo real. El Gantt no solo valida el cronograma propuesto, sino que permite visualizar cómo cada fase se articuló con la siguiente sin generar cuellos de botella.

Tabla 14.
Presupuesto del sistema LOTO y señalización de seguridad

N°	Componente	Costo (USD)
1.	Diseño de procedimientos específicos LOTO (consultoría y redacción)	\$320.00
2.	Elaboración de fichas técnicas codificadas (6 equipos críticos)	\$240.00
3.	Diseño de señalética conforme NTE INEN 3864 (35 señales)	\$210.00
4.	Impresión e instalación de señalética	\$130.00
5.	Elaboración del mapa de riesgos (digital e impreso)	\$110.00
6.	Gabinetes LOTO (2 unidades metálicas con cerradura y pintura industrial)	\$180.00
7.	Dispositivos de bloqueo (candados dieléctricos, bloqueadores, tags)	\$260.00
8.	Kits portátiles completos (5 kits con bolsa y dispositivos)	\$290.00
9.	Capacitación técnica del personal (materiales + jornada presencial)	\$180.00
10.	Evaluaciones impresas y documentación de certificación	\$40.00
TOTAL		\$1,960.00

La Tabla 14 presenta el desglose detallado del presupuesto destinado al diseño e implementación del sistema LOTO y señalización de seguridad, estructurado en diez componentes

clave que abarcan desde el desarrollo documental hasta la ejecución física del sistema. El monto total asciende a \$1,960.00, lo cual evidencia un uso eficiente de los recursos sin sobrepasar el límite de inversión establecido. Cada ítem fue definido con criterios técnicos, priorizando elementos críticos como la elaboración de procedimientos específicos, la adquisición de dispositivos certificados de bloqueo, y la formación del personal operativo. Este presupuesto no solo cubre los aspectos materiales del proyecto (gabinetes, señalética, kits portátiles), sino que también incluye componentes de gestión del conocimiento (capacitaciones y fichas técnicas), lo que garantiza una implementación integral y sostenible del sistema preventivo dentro de la planta de rendering.

Tabla 15.
Flujo financiero Proyectado (2025–2029)

Año	Ingresos (USD)	Egresos (USD)	Flujo Neto (USD)
2025	19,274	18,970	304
2026	20,623	19,919	705
2027	22,067	20,914	1,152
2028	23,611	21,960	1,651
2029	25,264	23,058	2,206

Esta tabla 15 presenta la proyección de ingresos, egresos y flujo neto para la empresa durante cinco años. Se evidencia un crecimiento progresivo de los ingresos acompañado por una contención gradual de los egresos, lo cual permite un incremento sostenido del flujo neto, pasando de \$304 en 2025 a \$2,206 en 2029. Esta tendencia refleja una mejora operativa producto de la implementación del sistema LOTO, con una optimización en la gestión de recursos y una reducción de pérdidas derivadas de incidentes o paradas no planificadas.

Tabla 16.
TIR Y VAN

VAN	\$1,635.88
TIR	37%
Tasa de descuento aplicada	15%

En esta tabla 16 se sintetizan los indicadores clave de evaluación financiera: el Valor Actual Neto (VAN), que asciende a \$1,635.88, y la Tasa Interna de Retorno (TIR), que alcanza el 37%, frente a una tasa de descuento del 15%. Ambos indicadores confirman que el proyecto es financieramente viable, ya que genera un retorno positivo sobre la inversión inicial y supera ampliamente el costo de oportunidad del capital, asegurando así su sostenibilidad económica en el mediano plazo.

Conclusiones del capítulo

La implementación del sistema LOTO en la planta de rendering del sector avícola no solo respondió a una necesidad normativa, sino que se estructuró como una solución técnica integral, capaz de transformar la gestión de energías peligrosas en una práctica sistematizada, segura y replicable. Cada una de las fases, desde la elaboración de procedimientos hasta la validación en campo, fue ejecutada bajo criterios de eficiencia operativa, precisión documental y apego normativo, especialmente conforme a las directrices OSHA 1910.147 y la normativa nacional NTE INEN 3864.

Los resultados obtenidos, evidenciados tanto en la tabla de productos técnicos como en la comparación antes/después del sistema, reflejan un cambio estructural en la cultura preventiva de la organización. La creación de fichas codificadas por equipo, el despliegue de señalética

especializada, y la instalación de dispositivos certificados no constituyen acciones aisladas, sino piezas articuladas de un modelo de control de riesgo con fundamento técnico.

Desde una perspectiva financiera, el análisis proyectado confirma la viabilidad económica de la propuesta. El presupuesto total de \$1,960.00 se mantuvo por debajo del umbral establecido, garantizando eficiencia en la inversión. Adicionalmente, el flujo neto progresivo (2025–2029) y los indicadores como el VAN de \$1,635.88 y una TIR del 37% frente a una tasa del 15% validan la rentabilidad de esta implementación. Por tanto, se concluye que el sistema LOTO desarrollado no solo mejora las condiciones de seguridad industrial, sino que también representa una inversión estratégica sostenible, cuyos beneficios se proyectan tanto en la reducción de riesgos como en el fortalecimiento de los procesos productivos de la planta.

Capítulo IV

Conclusiones y recomendaciones

Conclusiones

Al aplicar la matriz IPER en cada uno de los puestos de trabajo dentro de la organización se identificó como fuentes de energías peligrosas, las siguientes; riesgo eléctrico, Figura 9 conductores con aislamiento envejecido, personal carente de medios de protección dieléctricos adecuados para la actividad que realizan. Riesgo mecánico Figura 8 posible contacto y atrapamiento con los equipos, la tarea de mover el producto, limpieza del equipamiento y mantenimiento. Riesgo térmico Figura 7 posibles quemaduras al realizar la liberación de purgas de vapor a 100°C y la existencia de fugas en las tuberías de transporte al realizar actividades de descargas del producto.

Se realiza la elaboración de un procedimiento general basado en el sistema Loto, al cual se le realiza adaptaciones específicas para cada uno de los 35 equipos que integran la organización. Conjuntamente, en base a la misma metodología se realiza el etiquetado correspondiente a cada fuente de riesgo de los equipos que integran el área de trabajo. Al aplicar nuevamente la matrices IPER y estudio técnico del entorno, se logra una reducción cuantificable del riesgo en equipos representativos. Por ejemplo: para el tamiz de plumas, la aplicación del procedimiento LOTO completo disminuye el nivel IPER eléctrico de $P \times S = 12$ (importante) a $P \times S = 4$ (bajo), representando una reducción del 66,7%, mientras, que el riesgo mecánico inicialmente de $P \times S = 12$ (importante) a $P \times S = 6$ (moderado), con una reducción del 50,0% durante mantenimiento. Estas variaciones, documentadas en la validación de campo, confirman que la secuencia “aislar–bloquear–etiquetar–verificar” no solo estandariza el comportamiento técnico, sino que mitiga de forma medible los modos de falla críticos (arranque inesperado y exposición a partes móviles).

En cumplimiento del objetivo de **elaborar una propuesta de señalización bajo la norma NTE INEN 3864**, se desarrolló un proceso que comprendió la identificación de riesgos operacionales en todas las áreas de la planta, la selección de pictogramas y colores normalizados, la ubicación estratégica de señalética en puntos críticos y la elaboración de un **mapa de señalización integral** ver Figura 11. Este sistema visual se integró al diseño del LOTO, facilitando la rápida localización de energías peligrosas y reforzando la correspondencia entre puntos de bloqueo y advertencias. La validación en campo demostró que la señalización es **clara, estandarizada y comprensible**, aportando a la prevención de accidentes y consolidando una cultura de seguridad alineada con la normativa nacional e internacional.

Recomendaciones

Es necesario establecer un plan técnico de implementación progresiva de fichas operativas y rutinas de intervención seguras para cada equipo crítico (no genérico ni replicado), considerando sus características energéticas, sus puntos de riesgo, y las condiciones en que realmente se usa dentro del proceso, no como ideal técnico, sino como hecho observable; además, este plan debe incluir validaciones en campo (con operarios presentes) antes de oficializarse, porque sólo así se garantiza que los pasos definidos sean aplicables y que las acciones de bloqueo y verificación puedan ejecutarse con los recursos y herramientas disponibles, de lo contrario, las fichas quedarían en el papel y no transformarían la práctica insegura actual (que se repite por hábito o por ausencia de estructura operativa clara).

Se sugiere implementar una matriz de revisión continua, mensual o por eventos, que permita auditar la ejecución de los procedimientos definidos y detectar si los pasos establecidos son realmente seguidos (o si, por el contrario, son omitidos o modificados en la práctica), esta matriz debe elaborarse de forma colaborativa entre el área técnica, los responsables de seguridad y los operarios directos, para evitar caer en rutinas que se cumplen solo ante auditorías o simulacros; además, conviene asignar responsables de validación por equipo, no solo por área, para lograr que cada procedimiento esté “vivo” (esto es: se use, se revise, se mejore, no se archive) y se mantenga alineado a los cambios en infraestructura, energía y carga operativa.

Conviene complementar el sistema informativo con una estrategia de refuerzo visual que aproveche distintos formatos de comunicación: fichas plastificadas en zonas húmedas, pictogramas con alto contraste en áreas con poca iluminación, indicadores luminosos de estado operativo, códigos QR dirigidos a videos demostrativos, entre otros elementos que respondan al

contexto físico y cognitivo del trabajador; lo anterior debe formar parte de un protocolo que defina no solo qué información entregar, sino cómo y cuándo actualizarla, porque (si no se mantiene actualizado el contenido visible) la información se vuelve obsoleta y, peor aún, engañosa, generando una falsa sensación de seguridad donde no la hay.

Debe incorporarse un procedimiento de doble verificación antes de cada intervención en equipos energizados o de movimiento mecánico, que incluya (como condición mínima y no opcional) la validación por parte de un segundo operador o supervisor, además de una lista de chequeo previa al inicio de trabajo (no después), con registros firmados o digitales, ya que, aunque los pasos estén escritos, si no hay control efectivo de cumplimiento, el procedimiento técnico se convierte en una formalidad sin impacto real; esta doble verificación no solo reduce el margen de error humano, sino que también instala una cultura de corresponsabilidad, donde el trabajador no actúa solo, sino dentro de una red de control técnico-verificable que asegura su integridad.

Anexos

Anexo 1.

Evaluación de Conocimiento del Sistema LOTO

Nombre: _____

Fecha: _____

Instrucciones: Seleccione la respuesta correcta para cada una de las siguientes preguntas. Solo hay una respuesta correcta por pregunta.

1. ¿Qué significa LOTO?

- a) Localización y tiempo de operación.
- b) Bloqueo y etiquetado.
- c) Levantar objetos temporalmente.
- d) Limpieza y orden del área.

2. ¿Cuál es el propósito principal del sistema LOTO?

- a) Aumentar la velocidad de producción.
- b) Proteger a los trabajadores de la liberación inesperada de energía peligrosa.
- c) Facilitar la comunicación entre los empleados.
- d) Mejorar la eficiencia del equipo.

3. ¿Qué se debe hacer antes de retirar un candado o etiqueta de LOTO?

- a) Informar al supervisor.
- b) Verificar que todas las personas estén fuera del área de peligro.
- c) Revisar que el equipo funcione correctamente.
- d) Esperar a que se complete el turno de trabajo.

4. ¿Qué tipos de energía se controlan mediante el sistema LOTO?

- a) Solo la energía eléctrica.
- b) Energía eléctrica, mecánica, hidráulica, neumática, química y térmica.

- c) Únicamente energía química y térmica.
- d) Solo energía mecánica y neumática.

5. ¿Quién es responsable de colocar el dispositivo de bloqueo y etiqueta?

- a) Cualquier empleado que pase cerca del equipo.
- b) El supervisor del turno.
- c) El trabajador autorizado que realiza el mantenimiento o reparación.
- d) El dueño del equipo.

6. ¿Qué debe hacerse antes de comenzar cualquier trabajo en una máquina o equipo bajo LOTO?

- a) Confirmar que el equipo esté apagado.
- b) Leer el manual de instrucciones del equipo.
- c) Asegurarse de que el supervisor esté presente.
- d) Verificar que la energía residual ha sido liberada.

7. ¿Cuándo debe aplicarse el procedimiento de bloqueo/etiquetado?

- a) Solo cuando se trabaja con electricidad.
- b) Cuando se da mantenimiento o se repara equipo que puede liberar energía peligrosa.
- c) Cuando el equipo está en funcionamiento normal.
- d) Solo en caso de emergencias.

8. ¿Cuál de los siguientes es un paso necesario en el procedimiento de LOTO?

- a) Anotar en un registro cada candado que se coloque.
- b) Desactivar o aislar todas las fuentes de energía del equipo.
- c) Notificar al gerente general de la empresa.
- d) Probar el equipo después de colocar el candado.

9. ¿Qué indica una etiqueta en el sistema LOTO?

- a) Que el equipo está fuera de servicio y no debe ser operado.
- b) Que el equipo es nuevo y debe ser probado.
- c) Que el equipo está bajo revisión.
- d) Que el equipo está funcionando correctamente.

10. ¿Qué hacer si un candado o etiqueta de LOTO se retira antes de completar el trabajo?

- a) Seguir trabajando como si nada hubiera pasado.
- b) Informar al trabajador autorizado inmediatamente.
- c) Reemplazar el candado con uno nuevo sin notificar a nadie.
- d) Esperar a que el turno termine.

Nombre del evaluado:		Firma:	
Nombre del evaluador:		Firma:	