

Instituto Tecnológico de Costa Rica

Escuela de Ingeniería en Seguridad Laboral e Higiene Ambiental



Para optar por el título de Ingeniería en Seguridad Laboral e Higiene Ambiental con el grado académico de licenciatura

“Propuesta de un programa para el almacenamiento e intercambio seguro de las baterías de ácido sulfúrico y plomo en el área de Recibo de una empresa de dispositivos médicos”

Krystel Vega Alfaro

2018179540

Cartago, noviembre, 2022




This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

Constancia de Defensa Pública

Informe presentado a la Escuela de Ingeniería de Seguridad Laboral e Higiene Ambiental del Instituto Tecnológico de Costa Rica como requisito parcial para optar por el título de Ingeniera en Seguridad Laboral e Higiene Ambiental con el grado de licenciatura.

Miembros del Tribunal



Ing. Mónica Carpio Chaves

Asesora académica

Coordinadora Trabajo Final de Graduación



Ing. Marvin Bermúdez Chacón

Lector 1



Ing. Miguel Araya

Lector 2

Agradecimientos

Un profundo agradecimiento a mis asesoras Ing. Mónica Carpio e Ing. Paulina Guillen por el compromiso y apoyo recibido. Fue un placer poder compartir y aprender de este proceso con profesionales como ustedes.

Dedicatoria

Quiero dedicar este trabajo a mis padres y a mi hermanita Ariana, quienes han sido parte de este largo proceso y me han apoyado en cada paso. Ustedes son mi fuente de motivación y de todo corazón, gracias por rodearme de tanto amor.

Resumen

En el área de recibo de una empresa de dispositivos médicos se utilizan montacargas eléctricos para llevar a cabo tareas de levantamiento de material pesado. Estos equipos funcionan con baterías eléctricas de ácido y plomo que requieren completar ciclos de recarga cada día y medio, aproximadamente. Los cargadores para este fin se ubican en un espacio de almacenamiento de materiales peligrosos (tanques de gas, productos químicos y sus residuos), con una ventilación limitada y superficies irregulares (grietas y rejillas). El área no posee acceso para los montacargas; por lo que, las baterías que pesan aproximadamente una tonelada son movilizadas a este sitio por medio de un carretillo que manipula manualmente el personal.

El objetivo general del proyecto es proponer un programa para el intercambio y almacenamiento seguro de las baterías de ácido sulfúrico y plomo en el área de Recibo; por lo que se analizó y evaluó los factores de riesgo durante estas actividades por medio de entrevistas, cuestionarios, muestreos y la aplicación de otras herramientas existentes.

Se encontró que la Bodega no alcanza los requisitos mínimos necesarios para establecer un nivel razonable de seguridad para la vida y la protección de la propiedad contra los peligros creados por el almacenamiento de las baterías. De manera conjunta, el peligro por inhalación a sustancias químicas y el riesgo ergonómico al que se expone el personal durante el intercambio de baterías es extremo y muy alto respectivamente.

De esta manera, como alternativa de solución se propone el diseño de una nueva bodega de almacenamiento para baterías, un equipo mecánico para el intercambio y un Programa donde se incluyen controles administrativos e ingenieriles que permita realizar estas actividades de manera segura.

Palabras clave: baterías de ácido sulfúrico y plomo, riesgo ergonómico, riesgo químico.

Abstract

In the Receiving area of a medical device company, electric forklifts are used to carry out heavy material lifting tasks. This equipment work with lead-acid batteries that require completing recharge cycles every day and a half, approximately. The chargers for this purpose are located in a storage space for hazardous materials (gas tanks, chemicals and their waste), with limited ventilation and uneven surfaces (cracks and grids). The area is inaccessible for the forklifts; therefore, the batteries that weight one ton, are moving to this site by means of a wheelbarrow that is manually manipulated by the personnel.

The general objective of the project is to propose a program for the exchange and safe storage of lead-acid batteries in the Receiving area; therefore, the risk factors during these activities were analyzed and evaluated through interviews, questionnaires, sampling and the application of other existing tools.

It was found that the area does not meet the minimum necessary requirements to establish a reasonable level of safety for life and protection of property against the hazards created by battery storage. Also, the chemical inhalation hazard and the ergonomic risk to which personnel are exposed during battery exchange are extreme and very high, respectively.

In this way, as an alternative solution, the design of a new storage warehouse for batteries, a mechanical equipment for exchange and a Program that includes administrative and engineering controls that allow these activities to be carried out safely is proposed.

Keywords: lead-acid battery, ergonomic risk, chemical risk.

Índice de contenido

I.	Introducción	- 1 -
A.	Identificación de la empresa.....	- 1 -
1.	Misión y visión de la empresa.....	- 1 -
2.	Antecedentes / historia de la empresa	- 1 -
3.	Ubicación geográfica.....	- 1 -
4.	Organigrama de la organización.....	- 2 -
5.	Cantidad de empleados.....	- 2 -
6.	Mercado.....	- 3 -
7.	Proceso productivo	- 3 -
B.	Planteamiento del problema	- 4 -
C.	Justificación del proyecto.....	- 6 -
D.	Objetivos del proyecto.....	- 8 -
1.	Objetivo General	- 8 -
2.	Objetivos específicos.....	- 8 -
E.	Alcance y limitaciones	- 9 -
1.	Alcance	- 9 -
2.	Limitaciones	- 9 -
II.	Marco Teórico.....	- 10 -
A.	Proceso de recarga.....	- 11 -
B.	Riesgos ergonómicos.....	- 13 -
III.	Metodología	- 15 -
A.	Tipo de investigación	- 15 -

B.	Fuentes de información	- 15 -
C.	Población y muestra	- 16 -
D.	Operacionalización de las variables	- 19 -
E.	Descripción de instrumentos o herramientas de evaluación	23
F.	Plan de análisis.....	28
1.	Diagnóstico de la situación actual	30
2.	Diseño de las alternativas de solución.....	31
IV.	Análisis de la situación actual	32
A.	Condiciones actuales de almacenamiento	32
1.	Identificación de peligros	32
2.	Fuentes de ignición.....	35
3.	Sistema de inyección y extracción de aire.....	36
4.	Renovaciones de aire por hora	37
B.	Condiciones actuales de intercambio de baterías	38
1.	Evaluación cualitativa del riesgo químico.....	40
2.	Riesgo ergonómico.....	42
3.	Dolencias musculoesqueléticas	42
4.	Factores de riesgo ergonómico.....	43
5.	Tablas de Snook y Ciriello	44
6.	Evaluación de posturas forzadas	46
B.	Gestión de la prevención de los riesgos	47
1.	Conocimiento sobre el riesgo químico.....	47
2.	Conocimiento sobre el riesgo ergonómico	48

3.	Documentación interna.....	49
4.	Involucrados	51
5.	Análisis FODA	52
C.	Conclusiones	54
D.	Recomendaciones.....	55
V.	Alternativas de solución.....	57
A.	Propuestas para almacenamiento de baterías de ácido sulfúrico y plomo	57
B.	Propuestas para el intercambio de baterías de ácido sulfúrico y plomo.....	64
C.	Programa para el almacenamiento e intercambio seguro de las baterías de ácido sulfúrico y plomo en el área de Recibo de una empresa de dispositivos médico.....	72
VI.	Referencias.....	28
VII.	Apéndices.....	34

Índice de figuras

Figura 1. Organigrama de producción de la empresa una empresa de dispositivos	- 2 -
Figura 2. Diagrama general del transporte de baterías	- 4 -
Figura 3. Simbología para interpretación de los resultados de Stoffenmanager.....	25
Figura 4. Plan de análisis	29
Figura 5. Porcentaje de cumplimiento de la bodega de Recibo en las listas de verificación....	34
Figura 6. Porcentaje de cumplimiento de la bodega de Recibo por secciones	35
Figura 7. Flujo del movimiento de una batería desde el montacargas al cargador.....	39
Figura 8. Relación entre el nivel de conocimiento sobre riesgo químico y la capacitación recibida.....	48
Figura 9. Relación entre el nivel de conocimiento sobre riesgo ergonómico y la capacitación recibida.....	49
Figura 10. Análisis de la documentación interna.....	49
Figura 11. Matriz de poder - interés.....	51
Figura 12. Análisis estratégico de las fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas de las condiciones actuales de almacenamiento e intercambio de baterías de ácido sulfúrico y plomo	52
Figura 13. Estrategias del análisis de fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas	53
Figura 14. Alternativas de la ubicación del local para el almacenamiento de las baterías de ácido sulfúrico y plomo	57
Figura 15. Diseño general de la alternativa 1	59
Figura 16. Alternativa 3	61
Figura 17. Vista frontal del equipo portátil de extracción de batería lateral.....	65
Figura 18: Vista trasera del equipo portátil de extracción de batería lateral	65
Figura 19. Carretilla eléctrica marca Crown.....	66

Figura 20. Vista frontal del cambiador de baterías de un solo nivel marca MTC	67
Figura 21. Vista general de la grúa eléctrica.....	69
Figura 25. Controles.....	3
Figura 26. Equipo de intercambio de baterías.	4

Índice de cuadros

Cuadro 1 Población y muestra por herramienta	- 16 -
Cuadro 2 Operacionalización de las variables del objetivo 1	20
Cuadro 3 Operacionalización de las variables del objetivo 2	21
Cuadro 4 Operacionalización de las variables del objetivo 3	22
Cuadro 5. Identificación de peligros de la bodega de Recibo	32
Cuadro 6. Identificación de las fuentes de inflamación según la UNE-EN 1127-1:2020 en la bodega de Recibo	36
Cuadro 7. Caudal de ventilación mínimo requerido para el área de Recibo según las NFPA 855 y la UNE-EN 62485-3:2015	37
Cuadro 8. Verificación del cumplimiento del caudal mínimo requerido en la bodega del área de Recibo	38
Cuadro 9. Clase de peligro y exposición por inhalación de los componentes de las baterías ..	40
Cuadro 10. Cuestionario de dolencias musculoesqueléticas de Cornell.....	42
Cuadro 11. Hallazgos de la lista de verificación de la INTE/ISO 11228-2:2019.....	43
Cuadro 12. Datos para la Tablas de Snook Ciriello.....	44
Cuadro 13. Fuerza ejercida y fuerza máxima para cada movimiento.....	45
Cuadro 14. Evaluación del riesgo ergonómico mediante el método REBA.....	46

Cuadro 15. Aspectos, costos y beneficios de la alternativa	59
Cuadro 16. Aspectos, costos y beneficios de la alternativa 2	60
Cuadro 17. Aspecto, costo y beneficios de la alternativa 3	61
Cuadro 18. Escala de puntuación para las alternativas de solución para el almacenamiento de baterías	62
Cuadro 19. Matriz multicriterio para las alternativas de almacenamiento de baterías	63
Cuadro 20. Dimensiones del equipo portátil de extracción de batería lateral y la carretilla eléctrica	66
Cuadro 22. Dimensiones del equipo	68
Cuadro 23. Escala de puntuación para las alternativas de solución para el intercambio de baterías	70
Cuadro 24. Matriz multicriterio para las alternativas de intercambio de baterías	70

I. Introducción

A. Identificación de la empresa

La empresa donde se realiza este estudio forma parte de la industria de dispositivos médicos en Costa Rica gracias al desarrollo de productos que participan en las etapas de diagnóstico y tratamiento médico a través de imágenes guiadas. Los datos específicos de esta organización son de carácter confidencial; por lo que, durante el desarrollo de este proyecto únicamente se proporcionará la información necesaria para comprender el contexto en el que se desarrolla.

1. Misión y visión de la empresa

Misión: Mejorar la vida de las personas a través de innovaciones significativas.

Visión: Mejorar la vida de 2.5 billones de personas cada año para el 2030.

2. Antecedentes / historia de la empresa

En el año 1891 en Países Bajos, se fundó la corporación de tecnología diversificada a la que pertenece la empresa de dispositivos médicos que forma parte de este estudio. Si bien, la corporación tiene sedes en más de cien países alrededor del mundo, durante el 2015 completa la adquisición de su sede en Costa Rica con el objetivo de proporcionar a sus clientes soluciones integradas para mejorar los resultados de procedimientos en diferentes etapas de diagnóstico y tratamiento médico guiado por imágenes.

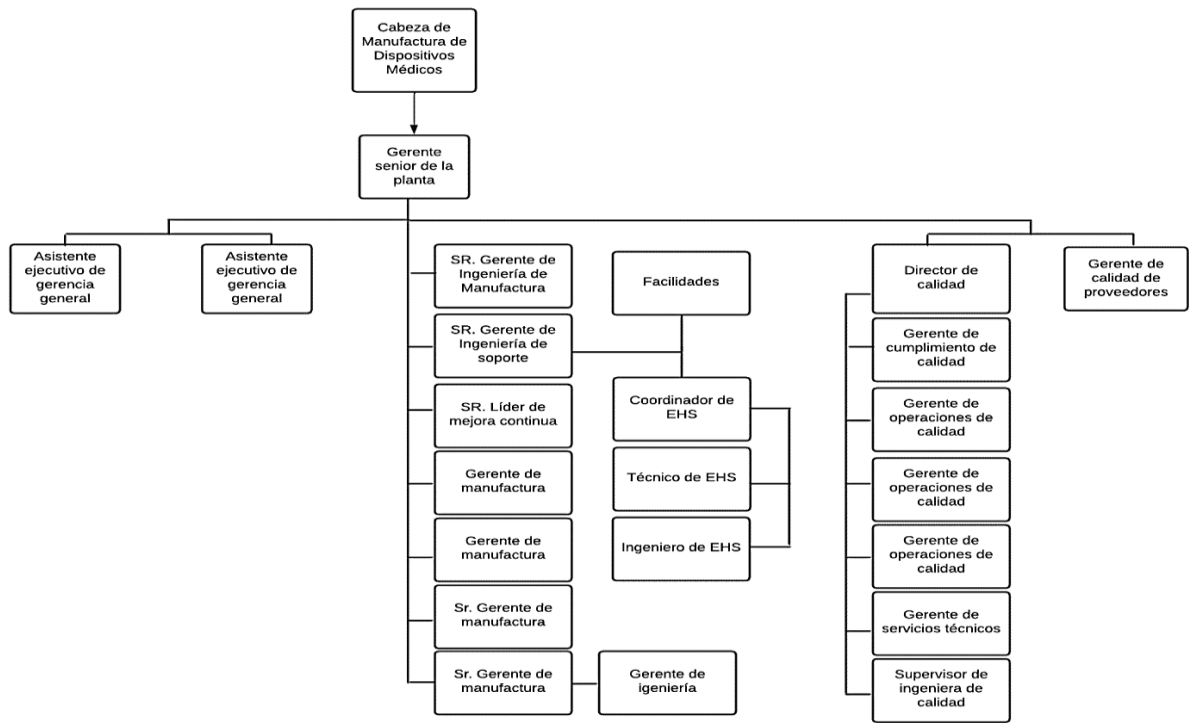
3. Ubicación geográfica

La empresa de dispositivos médicos posee más de cien sedes de trabajo alrededor del mundo. La oficina central de la corporación se ubica en Países Bajos; no obstante, para el caso específico del desarrollo de este proyecto, la facilidad se ubicada en la Zona Franca Coyol, en el Coyol de Alajuela, Costa Rica.

4. Organigrama de la organización

La estructura organizacional que opera en la sede de Costa Rica de la empresa en estudio se observa en la Figura 1. El área específica en la que se desarrolla este proyecto es el departamento de Recibo, el cual forma parte de la Gerencia de Calidad de Proveedores.

Figura 1. Organigrama de producción de la empresa una empresa de dispositivos médicos



Nota. Por empresa de dispositivos médicos, comunicado personal, 2022.

5. Cantidad de empleados

En la actualidad, la sede en Costa Rica de la empresa de dispositivos médicos tiene un total de 2670 colaboradores. En cuanto al área de Recibo, se cuenta con 16 trabajadores asociados a los procesos de manipulación del material, distribuidos en 3 turnos diferentes.

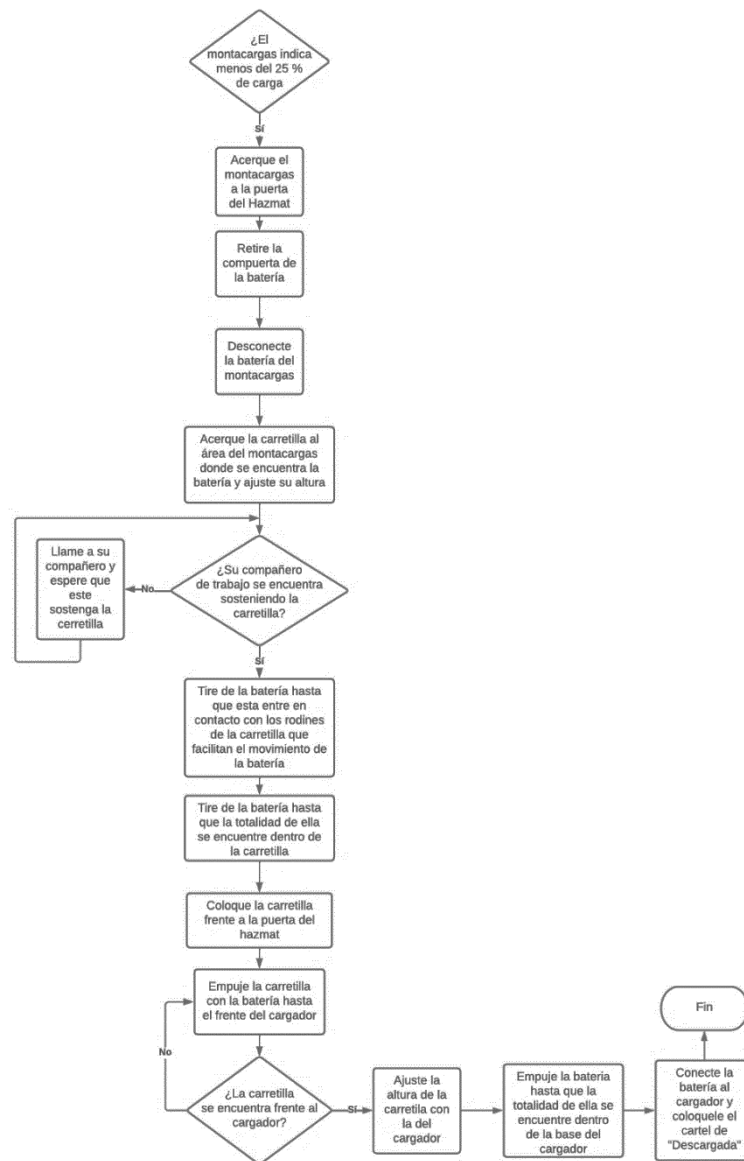
6. Mercado

Dentro de la industria de dispositivos de diagnóstico y tratamiento médico guiado por imágenes, la corporación concentra sus mercados de exportación en Estados Unidos, Europa y Japón.

7. Proceso productivo

El área de Recibo de la empresa es la encargada de la recepción y el almacenamiento organizado de diferentes mercancías y materiales que llegan a la planta. Dichas cargas suelen ser de diferentes tamaños y pesos; por lo que, para recibir y alojar cualquier mercancía, el área está provista de montacargas que facilitan la movilización de las cajas en los diferentes racks industriales. Estos montacargas son alimentados por baterías eléctricas que se recargan con una frecuencia determinada por su uso. El transporte de la batería desde el montacargas hasta el área de carga se muestra en la Figura 2.

Figura 2. Diagrama general del transporte de baterías



Nota. Por empresa de dispositivos médicos, comunicado personal, 2022.

B. Planteamiento del problema

Durante el primer cuatrimestre del 2022, el Consultorio Médico Laboral ha atendido dos quejas ergonómicas del personal del área de Recibo. Tras las respectivas valoraciones por parte

de un equipo interdisciplinario (Ingeniero EHS, Médico de Empresa y Fisioterapeuta) se determina que ambos casos presentaron lesiones de espalda y hombro provocadas por la presencia de factores de riesgo relacionados con las características del proceso de intercambio de baterías de los montacargas.

Estas baterías, que pesan entre 1200 a 1800 kg, son movilizadas por el personal por medio de un carrito que se opera de forma manual; lo cual, implica un sobre esfuerzo físico que ha desencadenado dolencias musculoesqueléticas en el 6,25 % del personal y la materialización de incidentes que durante el primer cuatrimestre del 2022, posicionan el First Aid Rate por arriba de la meta; pues, además de las lesiones ergonómicas, se han reportado trabajadores lesionados por “majonazos” y derrames accidentales de ácidos que derivaron en casos de dermatitis por contacto e irritación en las vías respiratorias por la inhalación de sulfuro de hidrógeno. Aunado a lo anterior, el reporte de la Auditoría Corporativa realizada en agosto del 2022 arroja un hallazgo de primer nivel, que deja en evidencia que el área donde se ubican las baterías no está diseñada para el almacenamiento adecuado de las mismas, lo cual es congruente con el reporte de “Casi Incidentes” por baterías volcadas y atascadas en las rejillas de la superficie.

Ante este panorama, surge la necesidad identificar y evaluar las condiciones de almacenamiento y los factores de riesgo a nivel ergonómico a los que se expone el personal del área; de manera que se puedan diseñar propuestas de mejora que optimicen el proceso y eviten potenciales accidentes laborales y enfermedades asociadas a riesgos ergonómicos.

C. Justificación del proyecto

Las baterías de ácido y plomo que alimentan los montacargas del área de Recibo requieren completar ciclos de recarga según sea su uso. Los cargadores para este fin se encuentran en un espacio de almacenamiento de materiales peligrosos (tanques de gas, productos químicos y sus residuos), con una ventilación limitada, superficies irregulares (grietas y rejillas) y una puerta pequeña que hace que el área sea inaccesible para el montacargas. Por lo que, las baterías que pesan alrededor de una tonelada son movilizadas a este sitio por medio de un carrito que manipula el personal.

Para colocar la batería en el carrito, un trabajador lo sostiene a un lado del montacargas, mientras que otro miembro del departamento adopta una postura incómoda para tirar de la batería y colocarla en el carrito. Acto seguido, el trabajador toma impulso para jalar el carrito con la pesada batería hacia la zona de recarga en un recorrido de diez metros en el que debe procurar el alineamiento con la base del cargador; lo que implica que en muchas ocasiones se realicen varios intentos, dadas las dificultades estructurales del área (rejillas en el piso).

La práctica descrita anteriormente implica un importante sobreesfuerzo físico para el personal durante el manejo manual de la carga. Para el año 2014, en Costa Rica, el sobreesfuerzo físico causó el 15 % de los accidentes laborales reportados en la industria (Ministerio de Trabajo y Seguridad Social, 2015) y totalizó catorce mil millones de dólares en costos directos por lesiones musculoesqueléticas a las empresas de los Estados Unidos durante el 2017 (Liberty Mutual Insurance, 2020 como se citó en Potvin et al., 2021).

Actualmente, el intercambio manual de las baterías en el área de Recibo ya ha perjudicado la calidad de vida del personal del área. El 6,25 % reciben tratamiento con un fisioterapeuta por molestias musculoesqueléticas en espalda y hombros, y el 71 % reportó dolor intenso en la espalda baja, por medio de un estudio exploratorio realizado en abril del 2022.

Según la Organización Mundial de la Salud [OMS] (2021), los trastornos musculoesqueléticos son la principal causa de discapacidad en todo el mundo. Dentro de los trastornos musculoesqueléticos, el dolor lumbar destaca como la fuente más común de discapacidad en 160 países y con una prevalencia de 568 millones de personas. Se le considera como la principal causa de salidas prematuras de la fuerza laboral y jubilaciones anticipadas, pues limita de manera significativa la movilidad y destrezas de quien lo padece. Se estima que el número de personas que lo sufren aumentará en el futuro; por lo que el impacto social en costos de atención médica, largos periodos de rehabilitación, ausentismo laboral y disminución en la productividad será cada vez mayor (OMS, 2021).

Por su parte, las condiciones estructurales del área de recarga y almacenamiento de las baterías han materializado incidentes como el vuelco accidental de las baterías en las rejillas del área donde se almacenan. Esto incrementa el riesgo de accidentes laborales, complicaciones para el retorno de las baterías a su posición normal y, por ende, un aumento del riesgo de derrame de ácidos de la batería.

Las baterías que utilizan los montacargas son dispositivos que almacenan energía por medio de diferentes componentes y sustancias peligrosas, como el electrolito de ácido sulfúrico y el plomo (Álvarez Granda & Zuluaga Gómez, 2013). El primero es corrosivo, puede producir irritaciones en la piel, ojos, vías respiratorias e incluso causar asfixia; el segundo, el plomo, se le considera como la principal causa de intoxicación por inhalación en todo el mundo, ya que puede ingresar al cuerpo humano a través de la ingestión o inhalación y acumularse en órganos y huesos (Montealegre Avendaño & Loaiza, 2019). De modo que una exposición prolongada al plomo puede desarrollar anemia y problemas en el sistema nervioso central (Granda Zúñiga, 2021).

Asimismo, durante el proceso normal de recarga de las baterías, se producen gases activos de oxígeno e hidrógeno que, al mezclarse con el ambiente circundante a ciertas concentraciones, puede generar una atmósfera explosiva. El hidrógeno gaseoso se disipa fácilmente en la atmósfera, pues tiene la capacidad expandirse de 2 a 3,8 veces más rápido que

el aire. Asimismo, la energía mínima de ignición del hidrógeno es de 0,017 MJ, mucho menor que el del metano 0.28 MJ; lo que significa que el hidrógeno puede ser encendido incluso por la electricidad estática generada por una fuga de alta velocidad (Brzezińska, 2018). Es por eso que, cualquier llama o chispa que inicie una reacción química en el área de recarga, desencadenaría en una fuerte explosión, que, en conjunto con otros elementos presentes en el área de recibo, pondría en peligro la vida de muchas personas y la infraestructura del local (Álvarez Granda & Zuluaga Gómez, 2013).

Considerando lo anterior, resulta la necesidad de proponer controles administrativos e ingenieriles que garanticen condiciones seguras para la manipulación y almacenamiento de las baterías; lo cual protegerá la vida de las personas, fomentará sentimientos de confianza en el personal, aumentará la motivación, la satisfacción y de manera consecuente, tendrá un impacto positivo en la productividad.

D. Objetivos del proyecto

1. Objetivo General

Proponer un programa para el intercambio y almacenamiento seguro de las baterías de ácido sulfúrico y plomo en el área de recibo de una empresa de dispositivos médicos.

2. Objetivos específicos

- Analizar las condiciones actuales de almacenamiento e intercambio de las baterías de ácido sulfúrico y plomo en área de recibo de una empresa de dispositivos médicos.
- Evaluar los factores de riesgo asociados al almacenamiento e intercambio de las baterías de ácido sulfúrico y plomo en área de recibo de una empresa de dispositivos médicos.
- Diseñar un programa que incluya controles administrativos e ingenieriles para el almacenamiento e intercambio seguro de las baterías de ácido sulfúrico y plomo en el área de recibo de una empresa de dispositivos médicos

E. Alcance y limitaciones

1. Alcance

El área de Recibo de la empresa de dispositivos médicos cuenta con una bodega de productos peligrosos donde, junto con cilindros de gas comprimido y residuos de sustancias químicas, se encuentra un espacio para la carga y almacenamiento de baterías de ácido sulfúrico y plomo. Esta propuesta analiza y evalúa los factores de riesgo durante el almacenamiento e intercambio de las cuatro baterías para proponer estrategias de control que permitan alcanzar altos estándares de salud y seguridad en el espacio de trabajo según las normas UNE-EN 62485-3:2015, la NFPA 1, NFPA 855 y la INTE/ISO 11228-2:2019.

2. Limitaciones

Durante el muestreo con dinamómetro para conocer la fuerza ejercida por los trabajadores durante el intercambio de la batería, no fue posible utilizar una muestra representativa debido a políticas internas de la empresa. Asimismo, la herramienta Stoffenmanager no permite evaluar de manera cualitativa la clase de peligro asociada a sustancias químicas en estado gaseoso; por lo que el sulfuro de hidrógeno no fue objeto a evaluación.

II. Marco Teórico

Una batería es un dispositivo de almacenamiento de energía eléctrica continua, que convierte energía química en eléctrica a través de múltiples celdas con electrodos (cátodo y ánodo) sumergidos en un electrolito. Básicamente, el principio de funcionamiento consiste en la acumulación de cargas eléctricas que surgen de una reacción de oxidación y reducción que da paso al flujo de electrones sumergidos en una sustancia conductora, llamada electrolito (González González, 2022). Si bien, todas las baterías son similares en su funcionamiento el acumulador más utilizado por los montacargas eléctricos, debido a su bajo costo y tiempo de operación, es el de electrodos de plomo y electrolito de ácido sulfúrico con agua destilada (Álvarez Granda & Zuluaga Gómez, 2013).

El ácido sulfúrico es corrosivo y puede generar irritación, quemaduras en la piel y ojos. Asimismo, el plomo resulta tóxico para el ser humano y una exposición prolongada puede provocar anemia y problemas en el sistema nervioso central (Granda Zúñiga, 2021); por lo que, durante la manipulación de las baterías, se recomienda el uso de guantes, botas y ropa de protección que anticipe un contacto accidental con el electrolito de la batería (Álvarez Granda & Zuluaga Gómez, 2013).

Por su parte, según el principio de funcionamiento, estas baterías deberían trabajar de manera indefinida, sin embargo; la realidad es que el sulfato de plomo que resulta de la oxidación se cristaliza sobre el electrodo de plomo y reduce el área disponible para la reacción electroquímica (Zebadúa Avendaño, 2020). A este fenómeno se le conoce como sulfatación y es una de las principales causas del deterioro o falla prematura de la batería (Araque Velázquez & Ramírez Sánchez, 2016).

Diversas circunstancias durante la carga y descarga de las baterías, generan gases químicos que resultan ser un indicador de deterioro y atención urgente. Uno de ellos es el sulfuro de hidrógeno o gas sulfhídrico (H₂S) (Espinoza Guerrero, 2021); del cual la exposición a cualquier concentración, por un lapso prolongado representa un riesgo para la salud de las

personas, pues provoca daños en los ojos y en el sistema respiratorio y central (citado en Rodríguez Quiroga et al, 2021).

A. Proceso de recarga

Durante el proceso de carga y sobrecarga, los elementos de la batería emiten hidrógeno y oxígeno. Estos gases, que se deben a la electrólisis del agua por la corriente de sobrecarga, se irán disminuyendo alrededor de una hora después de finalizar la recarga; por lo que son residuos normales dentro del funcionamiento de la batería. No obstante, al emitir hidrógeno al ambiente del local, se puede crear una mezcla explosiva si la concentración de hidrógeno sobrepasa el 4 % volumen de hidrógeno en el aire (UNE-EN IEC 62485.2:2019).

Una explosión se entiende como la expansión violenta y rápida de un sistema de energía, acompañado de un cambio de su energía potencial y seguida por una onda expansiva que destruye la estructura que lo contiene. Asimismo, una atmósfera explosiva refiere a la mezcla atmosférica de aire con sustancias inflamables; las cuales, en forma de gas, vapor, niebla o polvo, son capaces de propagar una explosión; por lo que, tras una fuente de ignición, la combustión se expandirá a la totalidad de la mezcla (Fibla Cebrián & Sánchez Álvarez, 2020).

De esta manera, el riesgo por explosión se materializa cuando la atmósfera descrita, coexiste con una fuente de ignición como: superficies calientes, chispas de origen mecánico, material eléctrico, corrientes eléctricas parasitas, electricidad estática, rayos, ondas electromagnéticas de radiofrecuencia, radiaciones ionizantes, ultrasonidos, compresiones, ondas de choque, reacciones exotérmicas, llamas y gases calientes (Asociación Española de Normalización [UNE], 2008)

Tomando en cuenta que una llama o chispa puede detonar una fuerte explosión, las salas de baterías se consideran seguras cuando, además de almacenar las baterías en posición vertical, con superficies lisas y lejos de fuentes de ignición; la ventilación, ya sea natural o artificial garantice que la concentración de hidrógeno se mantenga por debajo de su límite explosivo

inferior (LEL) del 4 % volumen (Brzezińska, 2018). Es por esto que, la eficiencia de la ventilación dependerá del diseño del sistema de extracción y del grado de dilución; por lo que el caudal mínimo requerido se puede calcular con la fórmula (UNE, 2015):

$$Q = v \times q \times s \times n \times I_{gas} [m^3/h]$$

Donde

Q es el caudal de aire de ventilación en m^3/h

v es la dilución de hidrógeno necesaria: $\frac{(100\% - 4\%)}{4\%} = 24$;

q de hidrógeno generado a 0 °C.

Para los cálculos a 25 °C, el valor de q a 0 °C se debe multiplicar por el factor 1,0915; este factor viene de la expresión general, donde T es la temperatura en °C;

s es el factor de seguridad general = 5;

n es el número de elementos;

I_{gas} es el valor de la corriente de emisión de gas a utilizar para el cálculo del caudal de aire de ventilación.

De manera que la fórmula del caudal de aire de ventilación se puede resumir como:

$$Q = v \times q \times s \times n \times I_{gas} [m^3/h]$$

B. Sistema de extracción localizado

Según Castejón, E (s.f) la forma más eficiente de eliminar un contaminante es hacerlo lo más cerca posible del foco generador; tal y como se hace con la extracción localizada. Esencialmente, este sistema se compone de tres elementos: elemento de captación (también conocido como campana), conducto y ventilador; el cual es el responsable de movilizar el aire. El primer elemento que permite que la extracción localizada sea eficaz y eficiente es un diseño adecuado de la campana. Esta debe considerar la geometría, ubicación, caudal necesario para aspirar el contaminante y la pérdida de carga que se producirá.

Si bien, no existe un diseño estandarizado de la campana para cada proceso productivo, esta no deberá interferir con las tareas, ni estar muy alejada del foco contaminante. Entre más lejos se encuentre, mayor será el caudal de aspiración necesario para alcanzar los objetivos de la ventilación. Para el caso de las baterías de ácido sulfúrico y plomo, el sistema de ductos y elementos de captación, además de ser a prueba de explosiones, deberán colocarse por encima de los cargadores (NTP 617, 2004).

C. Riesgos ergonómicos

El montacargas o también llamado, carretilla elevadora, es un equipo autónomo cuyo propósito consiste en movilizar y elevar cargas pesadas a través de dos ejes, el motriz y el directriz (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo de España [INSST], 1998). Los montacargas eléctricos obtienen su energía por medio de las baterías descritas en la sección anterior, las cuales, además de brindar la energía suficiente, proveen de estabilidad y contrapeso a la carretilla, pues tienen un peso aproximado de 800 kg a 2000 kilogramos (Araque Velázquez & Ramírez Sánchez, 2016).

Actividades como: bajar, elevar, empujar o tirar se consideran Manipulación Manual de Cargas. Cuando alguna de estas tareas se realiza con objetos tan pesado como los mencionados anteriormente, se presenta un sobreesfuerzo físico para la persona que lo realice. Según las

publicaciones de los últimos veinte años del Índice de Seguridad en el Lugar de Trabajo de Liberty Mutual, el sobreesfuerzo es la principal causa de lesiones incapacitantes en el mundo; pues este representa factores de riesgo ergonómico (Potvin et al., 2021).

La ergonomía, según la Organización Internacional de Trabajo [OIT] (1997), es una disciplina que aplica los conocimientos del cuerpo humano, con el propósito de adaptar todos los entornos de trabajo, a las posibilidades y limitaciones físicas de los trabajadores. Asimismo, los factores de riesgo ergonómico son las condiciones que tiene un entorno de trabajo o una actividad que promueven la aparición de una lesión o desordenes musculoesqueléticos; por ejemplo, la carga estática, actividades repetitivas, presión de contacto, fuerza y posturas anormales.

Los trastornos musculoesqueléticos (TME) asociados al trabajo se definen como alteraciones inespecíficas de músculos, huesos, articulaciones, tendones, ligamentos, nervios y vasos sanguíneos, causados, en su mayoría, por los factores de riesgo presentes en el entorno de trabajado (Rodríguez, 2018). Si bien, para el INSST (2011) cualquier carga que supere los veinticinco kilogramos, por si sola, constituye un riesgo de desarrollo de TME para quien la levanta; Snook & Ciriello (1987) define al Peso Máximo Aceptable como el mayor peso que una persona puede manipular, o la mayor fuerza que puede ejercer, durante el empuje o arrastre de cargas con cierta frecuencia y un tiempo dado, sin llegar a sobrecargarse.

Respecto a las fuerzas necesarias para empujar y tirar de una carga, resulta importante mencionar que, al estar en contacto directo con el suelo o alguna superficie, las fuerzas deberán ser capaces tanto de trasladar la carga, como de vencer el rozamiento con el suelo. Es así como, la fuerza inicial es la que vence la fricción y le da una aceleración al movimiento; mientras que la fuerza sostenida es la que mantiene el movimiento en el tiempo (Cruz Martínez, 2022). Para conocer las magnitudes de dichas fuerzas se requiere de un dinamómetro, el cual es un instrumento capaz de medir fuerzas a partir de la deformación de un resorte calibrado.

III. Metodología

A. Tipo de investigación

El proyecto desarrolla una investigación de tipo descriptiva, explicativa y aplicada. De esta manera, el enfoque descriptivo permite detallar aspectos y características de situaciones, contextos y procesos, a través de la recopilación de datos; para que por medio de una investigación explicativa se puedan exponer las causas y razones de un evento (Hernández et al., 2014). Por último, la investigación aplicada permitirá utilizar el conocimiento teórico aprendido para generar conocimiento y propuestas de solución al problema planteado (Lozada, 2014).

B. Fuentes de información

Las fuentes de información utilizadas para la investigación asociada al desarrollo de este proyecto son:

- Fuentes primarias:
 - Datos recopilados a través de cuestionarios aplicados al personal del área.
 - Información brindada por la empresa.
 - Fichas de datos de seguridad de las baterías de ácido sulfúrico y plomo
 - Ficha técnica de los montacargas
 - Libros:
 - Metodología de la investigación (2014)
 - Normas y reglamentos
 - UNE-EN 62485-3:2015 Requisitos de seguridad para las baterías e instalaciones de baterías. Parte 3: Baterías de tracción.
 - NFPA 1: 2021 Código de Fuego
 - NFPA 855: 2020 Norma para la instalación de sistemas estacionarios de almacenamiento de energía

- INTE/ISO 11228-2:2019. Ergonomía. Manipulación. Parte 2: Empujar y tirar.
- UNE-EN 1127-1:2020 Atmósferas explosivas - Prevención y protección contra explosiones - Parte 1: Conceptos básicos y metodología
-
- Fuentes secundarias:
 - INTE 31-09-09:2016 Guía para la elaboración de programas de salud y seguridad en el trabajo
 - INTE/ISO 11228-2:2019. Ergonomía. Manipulación. Parte 2: Empujar y tirar.
- Fuentes terciarias
 - Repositorio de proyectos del Instituto Tecnológico de Costa Rica
 - Bases de datos suscritas de la biblioteca del Instituto Tecnológico de Costa Rica
 - Bases de datos suscritas de Google Académico
 - Ergonautas
 - Organización Internacional del trabajo
 - Organización Mundial de la salud
 - OSHA: Occupational Safety and Health Administration

C. Población y muestra

Cuadro 1 Población y muestra por herramienta

Herramienta	Indicador	Población	Muestra	Tipo
Entrevista a los colaboradores sobre la manipulación de las baterías de ácido sulfúrico y plomo durante los procesos de almacenamiento e intercambio	Frecuencia de intercambio de baterías Tiempo de carga de las baterías Tiempo de intercambio de baterías Cantidad de capacitaciones	Material handler (16 trabajadores)	Se aplica 7 veces a diferentes trabajadores	Muestra no probabilística a conveniencia

	<p>sobre manipulación de baterías, riesgo químico y manejo manual de cargas</p> <p>Equipo de protección personal utilizado</p> <p>Cantidad de personas necesarias para realizar el intercambio de la batería</p>			
Matriz de identificación de peligros y evaluación de riesgos	<p>Cantidad y tipo de peligros</p> <p>Nivel de riesgo de los peligros</p>	Bodega del área de Recibo	Se aplica una vez	Total de la población Muestra no probabilística a conveniencia
Cuestionario para los colaboradores sobre los riesgos durante la manipulación, almacenamiento e intercambio de las baterías de ácido sulfúrico y plomo	Nivel de conocimientos sobre los riesgos asociados al almacenamiento e intercambio de las baterías.	Material handler (16 trabajadores)	Se aplica 7 veces a diferentes trabajadores	Muestra no probabilística a conveniencia
Entrevista semiestructurada con el representante de Facilidades sobre el sistema de inyección y extracción de aire	Frecuencia de mantenimiento del sistema de inyección y extracción del aire	Técnico de Facilidades	Técnico de Facilidades	Total de la población Muestra no probabilística a conveniencia
Entrevista semiestructurada con EHS	Presupuesto	Coordinador de EHS	Coordinador de EHS	Total de la población Muestra no probabilística a conveniencia
Matriz del alcance de la documentación interna	Cantidad de documentos internos que involucran la gestión de los riesgos asociados a las baterías de ácido sulfúrico y plomo	Documentación del manual interno de salud y seguridad (17 documentos)	17 documentos	Total de la población Muestra no probabilística a conveniencia

Lista de verificación para la ubicación de la carga/almacenamiento de las baterías basada en la UNE-EN 62485-3:2015.	Porcentaje de cumplimiento de los requisitos de seguridad asociados a la manipulación y almacenamiento de las baterías en la bodega de Recibo	Bodega del área de Recibo	Se aplica una vez a la bodega	Muestra no probabilística a conveniencia
Lista de verificación basada en la NFPA 1 y NFPA 855	Porcentaje de cumplimiento de los requisitos mínimos en materia de seguridad contra incendios, seguridad humana y protección de la propiedad contra peligros por incendios, explosiones y condiciones peligrosas en la bodega de Recibo	Bodega del área de Recibo	Se aplica una vez a la bodega	Muestra no probabilística a conveniencia
Stoffenmanager	- Clase de peligro - Nivel de exposición - Estrategias de actuación	Sustancias químicas que componen las baterías (4)	Se aplica 1 vez a cada sustancia química	Total de la población Muestra no probabilística a conveniencia
Bitácora de observación no participativa basada en la herramienta Stoffenmanager	Volumen de espacio de trabajo	Bodega del área de Recibo	Se aplica una vez a la bodega	Total de la población Muestra no probabilística a conveniencia
Matriz resumen basada en las fichas de datos de seguridad sobre las características fisicoquímicas de los componentes de las baterías de ácido sulfúrico y plomo	Caracterización de los componentes de las baterías de ácido sulfúrico y plomo - Indicaciones de peligro - Consejos de prudencia - Propiedades físicas	Sustancias químicas que componen las baterías	Se aplica 1 vez a cada sustancia química	Total de la población Muestra no probabilística a conveniencia
Lista de verificación de la INTE/ISO 11228-2:2019	Cantidad de factores de riesgo ergonómico	Bodega del área de Recibo	Se aplica una vez a la bodega	Total de la población Muestra no probabilística a conveniencia

Método Rapid Entire Body Assessment (REBA)	Nivel de riesgo asociado a posturas	Material handler (16 trabajadores)	Se aplicó una vez a tres posturas de un colaborador	Muestra no probabilística a conveniencia
Cuestionario de dolencias musculoesqueléticas de la Universidad de Cornell	Cantidad de áreas del cuerpo en que el personal presenta molestias Frecuencia y nivel de intensidad	Material handler (16 trabajadores)	Se aplica 7 veces a diferentes trabajadores	Muestra no probabilística a conveniencia
Tablas de Snook Y Ciriello Bitácora de muestreo de la fuerza ejercida	Peso máximo recomendado.	Material handler (16 trabajadores)	Se aplicó una vez para cada movimiento que hizo un trabajador	Muestra no probabilística a conveniencia

D. Operacionalización de las variables

- **Objetivo 1:** Analizar las condiciones actuales de almacenamiento e intercambio de las baterías de ácido sulfúrico y plomo en área de recibo de una empresa de dispositivos médicos.

Cuadro 2 Operacionalización de las variables del objetivo 1

Variable	Conceptualización	Indicadores	Instrumentos o herramientas
Condiciones actuales de almacenamiento e intercambio de las baterías de ácido sulfúrico y plomo en área de recibo de una empresa de dispositivos médicos	Circunstancias actuales bajo las cuales se almacenan e intercambian las baterías de ácido sulfúrico y plomo en la bodega del área de Recibo de una empresa de dispositivos médicos. Además de los controles con los que se gestionan los riesgos existentes durante el almacenamiento e intercambio de las baterías.	Frecuencia de intercambio de baterías	Entrevista a los colaboradores sobre la manipulación de las baterías de ácido sulfúrico y plomo durante los procesos de almacenamiento e intercambio
		Tiempo de carga de las baterías	
		Tiempo de intercambio de baterías	
		Cantidad de capacitaciones sobre manipulación de baterías, riesgo químico y manejo manual de cargas	
		Equipo de protección personal utilizado	
		Cantidad de personas necesarias para realizar el intercambio de la batería	
		Cantidad y tipo de peligros	
Nivel de conocimientos sobre los riesgos asociados al almacenamiento e intercambio de las baterías.	Cuestionario para los colaboradores sobre los riesgos durante la manipulación, almacenamiento e intercambio de las baterías de ácido sulfúrico y plomo		
Cantidad de personas de poder e interés en el almacenamiento e intercambio de baterías de ácido y plomo	Análisis de involucrados		
Frecuencia de mantenimiento del sistema de inyección y extracción del aire	Entrevista semiestructurada con el representante de Facilidades sobre el sistema de inyección y extracción de aire		
Presupuesto para el proyecto	Entrevista semiestructurada con EHS sobre		

		Cantidad de documentos internos que involucran la gestión de los riesgos asociados a las baterías de ácido sulfúrico y plomo	Matriz del alcance de la documentación interna
--	--	--	--

Objetivo 2: Evaluar los factores de riesgo asociados al almacenamiento e intercambio de las baterías de ácido sulfúrico y plomo en área de recibo de una empresa de dispositivos médicos.

Cuadro 3 Operacionalización de las variables del objetivo 2

Variable	Conceptualización	Indicadores	Instrumentos o herramientas
Factores de riesgo asociados al almacenamiento e intercambio de las baterías	Circunstancias propias del área de Recibo de una empresa de dispositivos médicos bajo las cuales se almacenan e intercambian las baterías de ácido sulfúrico y plomo que exponen al personal de la bodega a riesgo químico y ergonómico	Porcentaje de cumplimiento de los requisitos de seguridad asociados a la manipulación y almacenamiento de las baterías en la bodega de Recibo	Lista de verificación para la ubicación de la carga/almacenamiento de las baterías basada en la UNE-EN 62485-3:2015.
		Porcentaje de cumplimiento de los requisitos mínimos en materia de seguridad contra incendios, seguridad humana y protección de la propiedad contra peligros por incendios, explosiones y condiciones peligrosas en la bodega de Recibo	Lista de verificación basada en la NFPA 1 y NFPA 855
		Cantidad y tipo de fuentes de ignición	Lista de verificación basada en UNE-EN 1127-1:2020
		Caudal expedido por el sistema de extracción de aire	Acta de muestreo para documentar la velocidad de aire

		Volumen de espacio de trabajo	Bitácora de observación no participativa basada en la herramienta Stoffenmanager
		Caracterización de los componentes de las baterías de ácido sulfúrico y plomo - Indicaciones de peligro - Consejos de prudencia - Propiedades físicas	Matriz resumen basada en las fichas de datos de seguridad sobre las características fisicoquímicas de los componentes de las baterías de ácido sulfúrico y plomo
		Cantidad de factores de riesgo ergonómico	Lista de verificación de la INTE/ISO 11228-2:2019
		Nivel de riesgo asociado a posturas	Método Rapid Entire Body Assessment (REBA)
		Cantidad de áreas del cuerpo en que el personal presenta molestias	Cuestionario de dolencias musculoesqueléticas de la Universidad de Cornell
		Frecuencia y nivel de intensidad	
		Peso máximo recomendado.	Tablas de Snook Y Ciriello Bitácora de muestreo de la fuerza ejercida
		Cantidad de amenazas, fortalezas, debilidades y oportunidades	Análisis FODA
		Cantidad de estrategias	

Objetivo 3: Diseñar un programa para el almacenamiento e intercambio seguro de las baterías de ácido sulfúrico y plomo en el área de recibo de una empresa de dispositivos médicos.

Cuadro 4 Operacionalización de las variables del objetivo 3

Variable	Conceptualización	Indicadores	Instrumentos o herramientas
Controles administrativos	Procedimientos, actividades, protocolos y responsabilidades para el almacenamiento e intercambio seguro de las baterías de ácido sulfúrico y plomo en el área de recibo	Cantidad de elementos que forman parte del programa	Guía para la elaboración del programa de salud y seguridad en el trabajo INTE 31-09-09:2016

		Cantidad de involucrados en el programa	Matriz RACI
		Cantidad de capacitaciones	Cronograma de capacitaciones
		Costo de implementación del programa	Matriz de costos
		Tiempo en que tardará la implementación del programa	Diagrama de Gantt
Controles ingenieriles	Equipos, diseño y rediseño de procesos, estructuras o equipamiento reduzcan los riesgos asociados al trabajo.	Cantidad de requisitos en materia de seguridad humana que debe tener el espacio de recarga de baterías	Lista de requisitos de diseño basada en NFPA 1 y NFPA 855
		Cantidad de mejoras ingenieriles para el almacenamiento seguro de las baterías de ácido sulfúrico y plomo	Matriz de requisitos de diseño basada en: UNE-EN 62485-3:2015 Auto Cad
		Cantidad de mejoras ingenieriles en ergonomía para el intercambio seguro de las baterías de ácido sulfúrico y plomo	Lista de requisitos basada en la INTE/ISO 6385:2016 Principios ergonómicos para el diseño de sistemas de trabajo
		Número de aspectos de salud, seguridad, económicos, sociales, culturales y de ambiente que aplican a las propuestas de diseño de controles ingenieriles	Matriz comparativa de propuestas de diseño de controles ingenieriles

E. Descripción de instrumentos o herramientas de evaluación

El siguiente apartado contiene la descripción de cada instrumento o herramienta que será utilizado para el desarrollo de este proyecto y ha sido incluida dentro de la operacionalización de las variables descritas en la sección anterior.

- Entrevista semiestructurada

La entrevista semiestructurada es una técnica fundamental de la investigación donde se formulan una serie de preguntas preestablecidas que tienen como objetivo obtener información de relevancia para el tema de interés (Denzin, 2015). Para esta investigación, se entrevistó al personal del área que manipulan baterías de ácido sulfúrico y plomo, al representante de EHS y un representante del departamento de Facilidades (ver Apéndice 1, Apéndice 2 y Apéndice 3).

- Matriz de identificación de peligros y evaluación de los riesgos

La identificación de peligros y evaluación de riesgos es un instrumento de gestión para determinar de manera objetiva cuales son las amenazas para la salud y seguridad de los trabajadores en sus tareas de trabajo. Para este proyecto, se utilizará propiamente la matriz desarrollada por la empresa en estudio para realizar el respectivo análisis.

- Cuestionario.

Conjunto de preguntas dirigidas a una población para recopilar información para una investigación. En este caso, el cuestionario aplicado tendrá el objetivo de conocer el nivel de conocimiento sobre el riesgo al que se exponen el personal; por medio de una serie de preguntas cerradas (ver Apéndice 2).

- Análisis de Involucrados

Para Ortegón (2005) el Análisis de Involucrados es un instrumento que permite identificar todas aquellas personas de interés para el desarrollo de un proyecto, sus roles, intereses y poder relativo sobre el tema de estudio; de manera que se interpreten los resultados para definir como serán incorporados en el diseño de las nuevas estrategias del proyecto.

- Matriz resumen

Herramienta que reúne de manera esquemática y organizada la información más relevante de un conjunto de aspectos de interés. En este caso, la matriz resumen permitirá organizar la información referente a las baterías de ácido sulfúrico y plomo, encontrada en la documentación interna, además de las características fisicoquímicas de los componentes (Apéndice 5, Apéndice 9).

- Lista de verificación

Herramienta que permite comprobar o controlar, de manera sistemática, el cumplimiento de un listado de requerimientos basados en alguna norma de referencia (International Organization for Standardization, s.f.). Las listas de verificación utilizadas para la verificación de datos en este proyecto se basan en las siguientes normas:

- UNE-EN 62485-3:2015 (Apéndice 6)
- NFPA 1 (Apéndice 7)
- NFPA 855 (Apéndice 7)
- INTE/ISO 11228-2:2019 (Apéndice 10)

- Stoffenmanager

Herramienta que evalúa de manera cualitativa el riesgo químico por vía dérmica e inhalatoria, a través del análisis de características fisicoquímicas de las sustancias en estudio y condiciones de exposición en el puesto de trabajo como la distancia con la fuente, tipo de ventilación y automatización del proceso para determinar la clase de peligro y el nivel de exposición por medio de la siguiente simbología (Stoffenmanager, s.f.).

Figura 3. Simbología para interpretación de los resultados de Stoffenmanager

Clase de peligro por inhalación y para los ojos (hc)	Clase de exposición inhalación (ec)	Prioridad de actuación (inhalación)
- n.a. <i>No hay peligro por esta vía de exposición</i>	1 bajo	III Su Tercero prioridad para mejorar la situación de exposición
A bajo	2 Media	II Su Segundo prioridad para mejorar la situación de exposición
B Media	3 alto	I Su Primero prioridad para mejorar la situación de exposición
C alto	4 muy alto	
D muy alto		
E extremo		

Nota. Por Stoffenmanager, 2022

- Bitácora de observación no participativa

Instrumento para registrar la información que se obtiene tras realizar una observación del ambiente y lo que sucede, como un agente externo que no participa del escenario. En este caso, el ambiente a observar se trata del área de almacenamiento de las baterías de ácido sulfúrico y plomo para obtener la información necesario para la aplicación de la herramienta Stoffenmanager (ver Apéndice 8).

- Rapid Entire Body Assessment (REBA)

Método de evaluación de posturas adoptadas por los miembros superiores e inferiores del cuerpo, cuando la tarea en estudio implica cambios inesperados de postura por manipulación de cargas inestables (Diego, 2015). La aplicación arroja un nivel de riesgo asociado a lesiones musculoesqueléticas y el nivel de acción para aplica acciones de corrección.

- Cuestionario de Dolencias Musculoesqueléticas de la Universidad de Cornell

Cuestionario dirigido hacia el personal del área, para obtener información específica sobre molestias musculoesqueléticas, su frecuencia e intensidad del dolor para cada segmento corporal que se visualiza en una imagen (Tingo, 2022).

- Tablas de Snook y Ciriello

Las Tablas de Snook y Ciriello consideran las limitaciones y capacidades de una población trabajadora para la evaluación y diseño de tareas asociadas con la manipulación manual de cargas. El objetivo de la herramienta es definir el Peso Máximo Aceptable que una persona debe mover a cierta frecuencia dada, durante un periodo determinado sin cansarse excesivamente ni comprometer la salud de quien realiza el movimiento (Universidad Politécnica De Valencia, 2015).

- Bitácora de muestreo

Herramienta para registrar la toma de datos específicos en un tiempo determinado. Para el caso de este proyecto, se utilizarán bitácoras para registrar la fuerza ejercida por los trabajadores durante el movimiento de las cargas; las cuales se analizaron con las Tablas de Snook y Ciriello (ver Apéndice 11).

- FODA

Instrumento confiable para realizar el análisis de una organización en relación con la cantidad de factores internos y externos que determinan el éxito en el alcance de las metas; por lo que, la herramienta estima el impacto que tiene una estrategia para alcanzar el equilibrio entre las fortalezas y debilidades de una organización (Sarli, 2015).

- Matriz de costos

Herramienta para registrar y detallar los costos asociados al desarrollo de un proyecto. Para el caso específico de esta investigación; la matriz de costos incluirá los costos que implica el desarrollo de la propuesta del programa para el almacenamiento e intercambio seguro de las baterías de ácido sulfúrico y plomo en el área de Recibo.

- Diagrama de Gantt

Diagrama que gestiona las tareas, su duración y secuencia necesaria para el desarrollo de un proyecto; de manera que se le da seguimiento y control al progreso de cada una de las etapas claves de un proyecto (Pérez, 2021). Para la realización de este proyecto, el diagrama de Gantt mostrará la programación de las actividades necesarias para desarrollar el programa para el almacenamiento e intercambio seguro de las baterías de ácido sulfúrico y plomo.

- Matriz de requisitos

Herramienta que reúne de manera esquemática los requisitos legales y normativos que se desean cumplir, por medio de la identificación del tipo de requisito y la fuente de donde proviene. De esta manera, la matriz de requisitos reunirá los estatales que se pretenden alcanzar con las propuestas de diseño de presente trabajo.

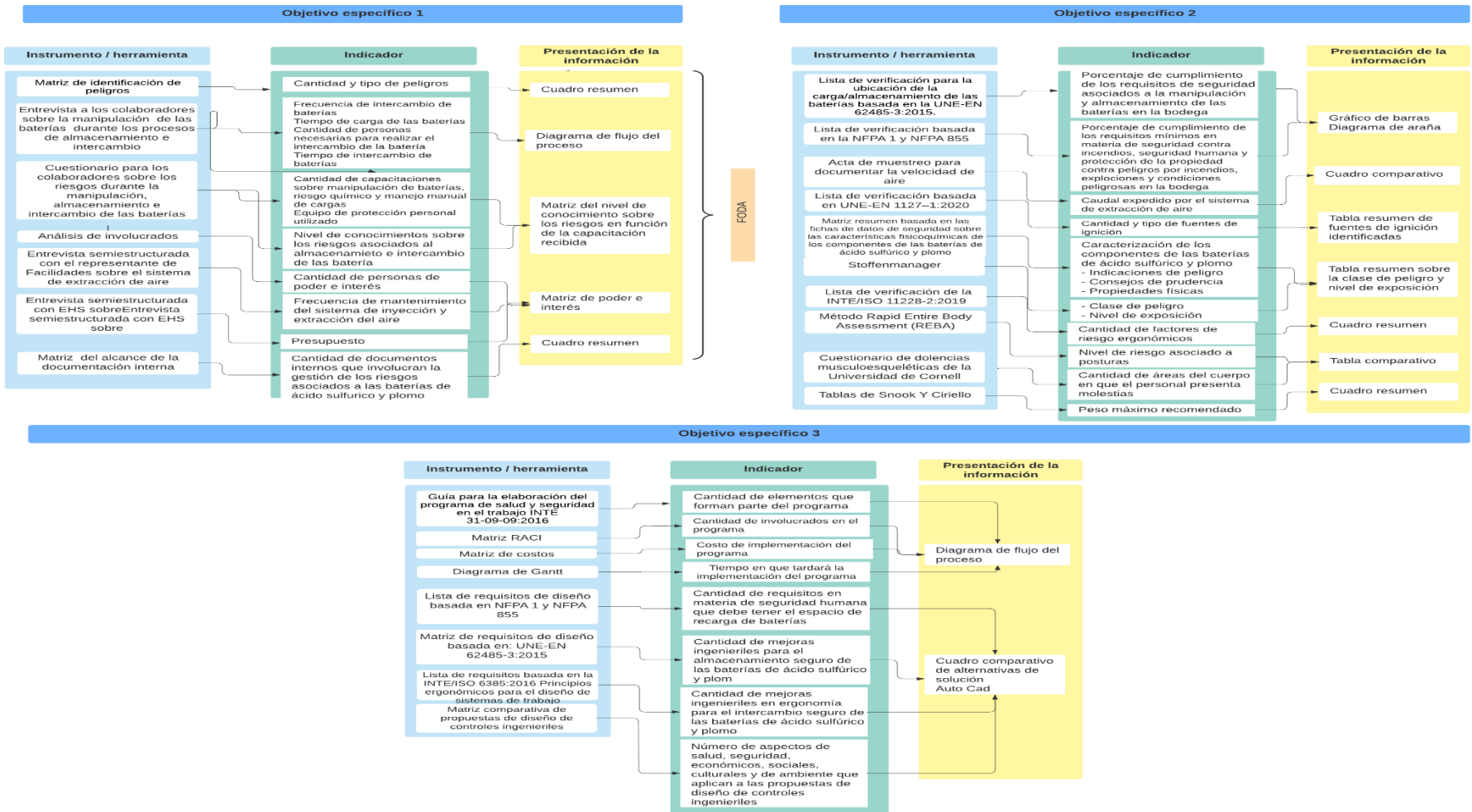
- Matriz comparativa

La matriz comparativa contempla los aspectos sociales, económicos, culturales y de salud y seguridad de las alternativas de solución desarrolladas en este proyecto. Esta herramienta tiene el propósito de comparar, entre las alternativas, el cumplimiento de los estándares establecidos y seleccionar, de manera esquemática, la que mejor se ajuste a ellos.

F. Plan de análisis

El proceso de análisis de muestra en la siguiente figura.

Figura 4. Plan de análisis



El proyecto en desarrollo cuenta con una etapa para el diagnóstico de la situación actual y otra para el diseño de las propuestas de solución. La manera en que se aplicaran las herramientas y la integración de la información necesaria para alcanzar los objetivos de análisis, evaluación y diseño se muestra a detalle en la Figura 4.

1. Diagnóstico de la situación actual

Como parte del análisis de las condiciones actuales de almacenamiento e intercambio de las baterías se iniciará con la identificación de los tipos de peligros y el nivel de exposición en que se encuentra el personal del área, por medio de una matriz resumen que permitirá visualizar los hallazgos más relevantes. Seguidamente, con la entrevista semiestructurada realizada a los colaboradores, se identificarán los aspectos más importantes sobre la manipulación de las baterías; lo cual será integrado en un diagrama del proceso.

Dicha entrevista, junto con el cuestionario sobre los riesgos durante la manipulación, almacenamiento e intercambio de las baterías, permitirá identificar el nivel de conocimiento que tiene el personal sobre los riesgos en función de las capacitaciones recibidas, por medio de un gráfico de relaciones.

Asimismo, con el propósito de caracterizar la gestión de los riesgos identificados, se analizará la información anterior con un cuadro resumen de lo obtenido en la Matriz de verificación del alcance de la documentación interna y una matriz de poder e interés (que esquematizará la información del análisis de involucrados y las entrevistas semiestructuradas a algunos departamentos como EHS y Facilidades).

Por otro lado, con el propósito de evaluar los factores de riesgo presentes durante el almacenamiento de las baterías, se iniciará con un gráfico de columnas con los porcentajes de cumplimiento obtenidos en la Lista de verificación para la ubicación de la carga/almacenamiento de las baterías basada en la UNE-EN 62485-3:201 y la Lista de verificación basada en la NFPA 1 y NFPA 855.

Seguidamente, se organiza la información del volumen del espacio de trabajo y la caracterización de los componentes de las baterías de ácido sulfúrico y plomo (indicaciones de peligro, consejos de prudencia y propiedades físicas) en un cuadro resumen para poder utilizarlos como insumos de la herramienta Stoffenmanager; la cual evaluará cualitativamente la exposición ocupacional por riesgo químico en un cuadro resumen con la clase de peligro y el nivel de exposición.

Con respecto a la evaluación del riesgo ergonómico, la Lista de verificación de la INTE/ISO 11228-2:2019 brinda una lista de la cantidad de riesgos ergonómicos presentes durante el intercambio de las baterías.

Por su parte, del Cuestionario de dolencias musculoesqueléticas de la Universidad de Cornell, se obtendrá las áreas del cuerpo en que el personal presenta molestias musculoesqueléticas, la frecuencia con la que las presentan y el nivel de intensidad. Esta información será presentada en un cuadro comparativo junto con los resultados del nivel de riesgo asociados a posturas del Método Rapid Entire Body Assessment (REBA) y las Tablas e Snook Y Ciriello.

2. Diseño de las alternativas de solución

Esta fase tiene el fin de proponer un programa para el almacenamiento e intercambio seguro de las baterías de ácido sulfúrico y plomo en el área de Recibo; por lo que integra el tercer objetivo específico de diseño de procedimientos, actividades, protocolos, responsabilidades, equipos y estructuras; considerando la información obtenida de la fase de análisis de la situación actual.

Instrumentos como la Guía para la elaboración del programa de salud y seguridad en el trabajo INTE 31-09-09:2016, la matriz RACI, la matriz de costos y el diagrama de Gantt proporcionarán la información referente a personas involucradas, costos y tiempo de implementación dentro de la propuesta del programa mencionado.

Asimismo, la Lista de requisitos de diseño basada en NFPA 1 y NFPA 855, Matriz de requisitos de diseño basada en: UNE-EN 62485-3:2015, la Lista de requisitos basada en la INTE/ISO 6385:2016 Principios ergonómicos para el diseño de sistemas de trabajo será los insumos ingenieriles para diseñar; los cuales se visualizará en un cuadro comparativo y planos de Auto Cad.

IV. Análisis de la situación actual

A. Condiciones actuales de almacenamiento

1. Identificación de peligros

El área de Recibo de la empresa de dispositivos médicos cuenta con una bodega de productos peligrosos donde, entre otros materiales, se encuentra un espacio para la carga y almacenamiento de baterías de ácido sulfúrico y plomo. Las características de las sustancias que se almacenan en esta área hacen que a la bodega se le atribuyan determinados peligros los cuales se identifican en el Apéndice 12. La identificación de peligros permite reconocer que, en la bodega del área de Recibo, el personal se expone a peligros de tipo biomecánico, químico y de seguridad a razón de diversos elementos como los cilindros de gas comprimido, las sustancias químicas y las baterías.

Aquellos peligros asociados a las baterías (Cuadro 5) serán analizados durante el desarrollo de esta sección, pues el 58 % de aquellos identificados se asocian específicamente a las actividades de intercambio y almacenamiento de las baterías.

Cuadro 5. Identificación de peligros de la bodega de Recibo

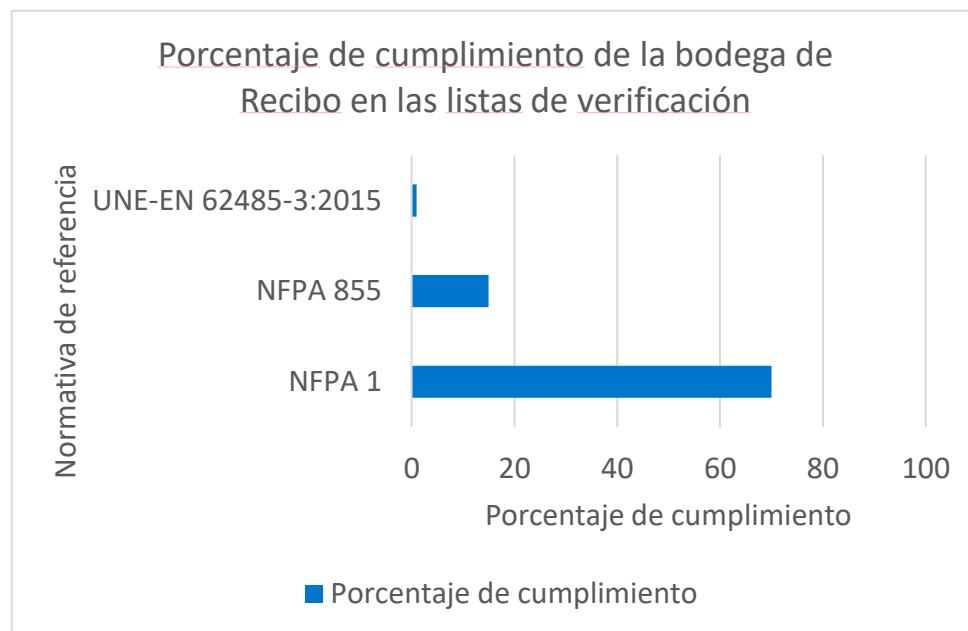
Actividad a realizar	Peligro		Efectos posibles
Actividades	Clasificación	Descripción	Efectos posibles
1. Almacenamiento de baterías de montacargas	Químico: Gases y vapores	Alta concentración de hidrógeno en la atmósfera	Explosión

	De seguridad: mecánico	Exposición a sulfuro de hidrógeno por deterioro de la batería	Intoxicación
2. Intercambio de baterías del montacargas	Químico: Gases y vapores	Derrame de ácido por caída de la batería	Irritación ocular Irritación respiratoria Irritación dérmica Alergia y salpicaduras.
	Biomecánico: manipulación manual de cargas	Esfuerzo físico para movilizar la carga	Lesión musculoesquelética
	De seguridad: mecánico	Golpe de una extremidad del cuerpo	Golpe
	De seguridad: mecánico	Atrapamiento de una extremidad del cuerpo	Atrapamiento
	Químico: Gases y vapores	Exposición a sulfuro de hidrógeno por caída de la batería	Intoxicación

La bodega de Recibo es el resultado de un esfuerzo interdisciplinario, llevado a cabo en el 2018, donde diferentes profesionales determinaron los requerimientos del área en función de los residuos químicos y los cilindros de gas comprimido, que se pretendían almacenar. Según el representante de EHS, las condiciones necesarias para almacenar las baterías de los montacargas nunca se contemplaron como parte del diseño del área; pues, no se tenía designado un espacio para ellas e ingresaron al área posteriormente.

Lo anterior adquiere relevancia al interpretar los resultados de las listas de verificación aplicadas al área (Figura 5), donde se evidencia un mayor porcentaje de cumplimiento en la norma NFPA 1 que en las normas NFPA 855 y UNE-EN 62485-3:2015.

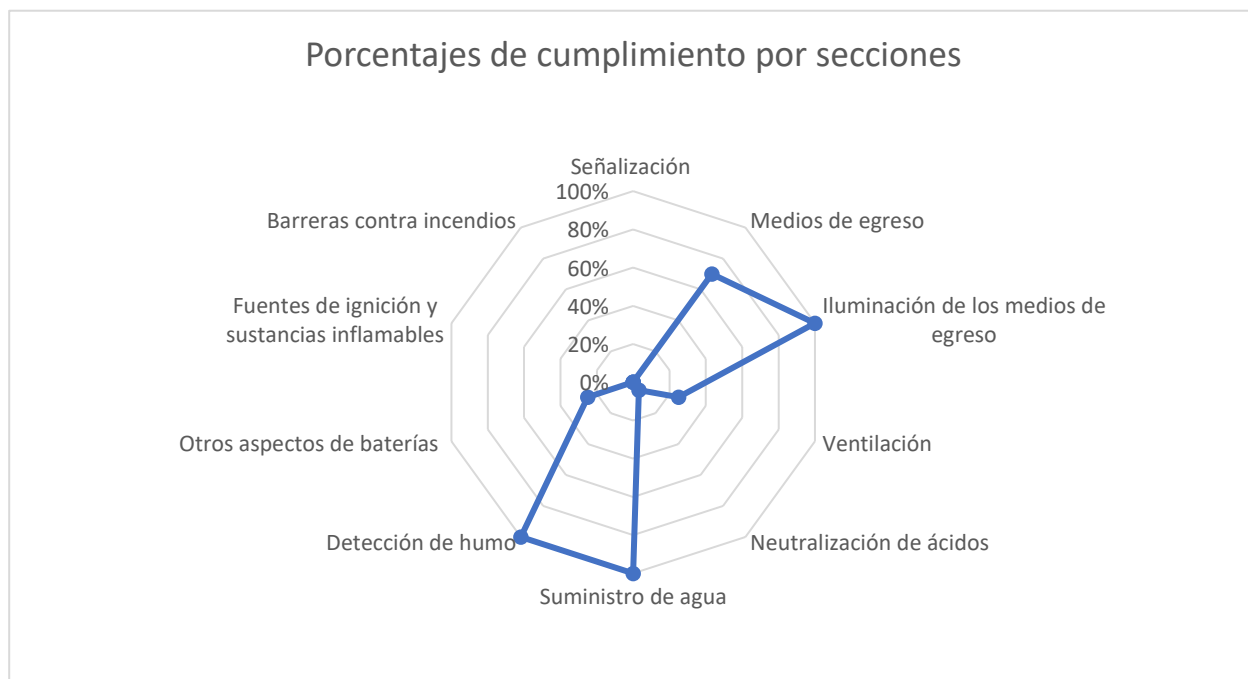
Figura 5. Porcentaje de cumplimiento de la bodega de Recibo en las listas de verificación



La norma NFPA 1, donde se alcanzó un 70 % de cumplimiento, prescribe los requisitos mínimos necesarios para establecer un nivel razonable de seguridad para la vida y la protección de la propiedad contra los peligros creados por incendios, explosiones y condiciones peligrosas (NFPA 1, 2021). Por su parte, la NFPA 855 y la UNE-EN 62485-3:2015 tienen enfoques alineados a la mitigación de los riesgos específicamente derivados de los sistemas de almacenamiento de energía; por lo que, al conocer que el área no se diseñó para este propósito se esperaban bajos niveles de cumplimiento, tal y como se ve en la Figura 5 (15 % y 0 % respectivamente).

Los hallazgos más importantes encontrados tras la aplicación de estas herramientas se organizan en la Figura 6. Los menores porcentajes de cumplimiento se deben a la ausencia de señalización específica para la comunicación del riesgo, métodos para neutralizar los ácidos en caso de derrame, barreras contra incendios e incumplimiento de criterios de ventilación; así como la presencia de materiales combustibles y fuentes de ignición cerca de la batería.

Figura 6. Porcentaje de cumplimiento de la bodega de Recibo por secciones



2. Fuentes de ignición

La electrolisis del agua en el electrolito durante el proceso de recarga de las baterías aumenta las concentraciones de hidrógeno en la atmosfera. Este es un gas inflamable con una alta velocidad de combustión y una baja energía de ignición (UNE, 2015); por lo que una pequeña chispa podría producir la ignición inmediata del gas. Es por ello que el área destinada a este fin no debe estar expuesta a fuentes de ignición como: superficies calientes, chispas de origen mecánico, material eléctrico, corrientes eléctricas parasitas, electricidad estática, rayos, ondas electromagnéticas de radiofrecuencia, radiaciones ionizantes, ultrasonidos, compresiones, ondas de choque, reacciones exotérmicas, llamas y gases calientes (UNE, 2008).

Considerando que la presencia de fuentes de ignición cerca de la zona de carga de las baterías es uno de los hallazgos más importantes mencionados anteriormente; el Cuadro 6 resume los principales puntos identificadas en la bodega de Recibo.

Cuadro 6. Identificación de las fuentes de inflamación según la UNE-EN 1127–1:2020 en la bodega de Recibo

Posibles fuentes de inflamación	Presencia	Observación	Elementos asociados a las baterías de ácido sulfúrico y plomo
Impacto, fricción y abrasión generados mecánicamente	x	Caída de cilindros de gas comprimidos	No
Equipos eléctricos y componentes	x	Baterías	Si
		Carretillo hidráulicas	Si
		Cargadores de baterías	Si
Ondas electromagnéticas de radiofrecuencia	x	Radios	No
	x	Control de accesos	No

Tal y como se observa en el Cuadro 6, el 42.9 % de las fuentes de ignición identificadas son propias del almacenamiento o movimiento de las baterías, como, por ejemplo: las propias baterías, sus cargadores y los carretillos para movilizarlas. Por otro lado, puntos como los cilindros de gas comprimido, los radios y los dispositivos de control de acceso implican un riesgo a razón de que se almacenan en el mismo local.

3. Sistema de inyección y extracción de aire

Uno de los aspectos más importantes considerados en las listas de verificación son los requisitos de ventilación para áreas donde se carguen y almacenen las baterías de ácido sulfúrico y plomo. En este caso, la bodega del área de Recibo cuenta con ventilación general de tipo mecánica que expulsa el aire extraído fuera del edificio las 24 horas del día por medio de dos conductos de inyección y dos de extracción.

Según el representante de Facilidades, este sistema recibe mantenimiento preventivo cada tres meses por parte de una empresa contratista. Los reportes derivados del proceso de mantenimiento no permiten determinar datos asociados a las renovaciones de aire por hora, u

otra información que le permita a la organización determinar si el sistema alcanza los objetivos de ventilación, en función de los gases que emana la batería.

En otras palabras, no existe ningún mecanismo de alarma que informe cuando el caudal no es seguro, pues, el departamento de Facilidades no gestiona el sistema como un equipo crítico. El monitoreo de las condiciones del sistema de extracción o de las concentraciones de hidrógeno en el área adquieren relevancia cuando se permiten las cargas excesivas; es decir, aquellas que superan las 8 horas. Según el personal del área, no existe una programación de las cargas de las baterías; por lo que es común que éstas pasen conectadas más horas de las requeridas. Estas cargas abusivas, las cargas simultaneas y los daños a la integridad de la batería por golpes y vuelcos, provocan un aumento en el desprendimiento del gas emanado.

4. Renovaciones de aire por hora

Según la UNE-EN 62485-3:2015, el objetivo de ventilar el área donde se almacenan o cargan baterías de ácido y plomo, es mantener la concentración del hidrógeno emanado por debajo del límite del 4 % en volumen y poder considerar el área segura de explosiones. Para el caso específico de la bodega de Recibo, el Cuadro 7 muestra los criterios de ventilación mínimos requeridos según dos normas de referencia; estas normas dictan su criterio en función de variables diferentes. La UNE-EN 62485-3:2015 considera la cantidad de baterías que se pretende cargar de manera simultánea, mientras que la NFPA 855 toma en cuenta el área del local donde se almacenan las baterías.

Cuadro 7. Caudal de ventilación mínimo requerido para el área de Recibo según las NFPA 855 y la UNE-EN 62485-3:2015

Norma de referencia	Caudal mínimo requerido ($\frac{m^3}{s}$)
NFPA 855	0.6604
UNE-EN 62485-3:2015	0.066

Considerando los datos del Cuadro anterior, la norma NFPA 855 se utilizará como criterio para evaluar el funcionamiento del sistema de extracción actual, pues, para un área de 130.3 m^2 establece el caudal más estricto de $0.6604 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$. Los resultados de las velocidades tomadas con el anemómetro permitieron calcular los caudales actuales del sistema. Estos se compararon contra el criterio en el Cuadro 8.

Cuadro 8. Verificación del cumplimiento del caudal mínimo requerido en la bodega del área de Recibo

	$Q_{\text{calculado}} \left(\frac{\text{m}^3}{\text{s}}\right)$	$Q_{\text{mínimo req}} \left(\frac{\text{m}^3}{\text{s}}\right)$	¿Alcanza los requisitos de lo norma NFPA 855?
$C_{\text{Extracción A}}$	0.11728	0.6604	No
$C_{\text{Extracción B}}$	0.054222		No
Nota: La ubicación de los conductos A y B se puede observar en el Apéndice 16.			

En el Cuadro 8 se observa que ninguno de los dos conductos de extracción alcanza las velocidades necesarias para garantizar las renovaciones de aire requeridas por la NFPA 855; pues, para la captación de contaminantes, como en este caso el hidrógeno, la ventilación general suele ser poco efectiva y económica ante grandes volúmenes de aire que se requiere movilizar. Por lo que, considerando el volumen de la bodega de Recibo (410.4 m^3) la ventilación mecánica general no puede garantizar la captación del contaminante.

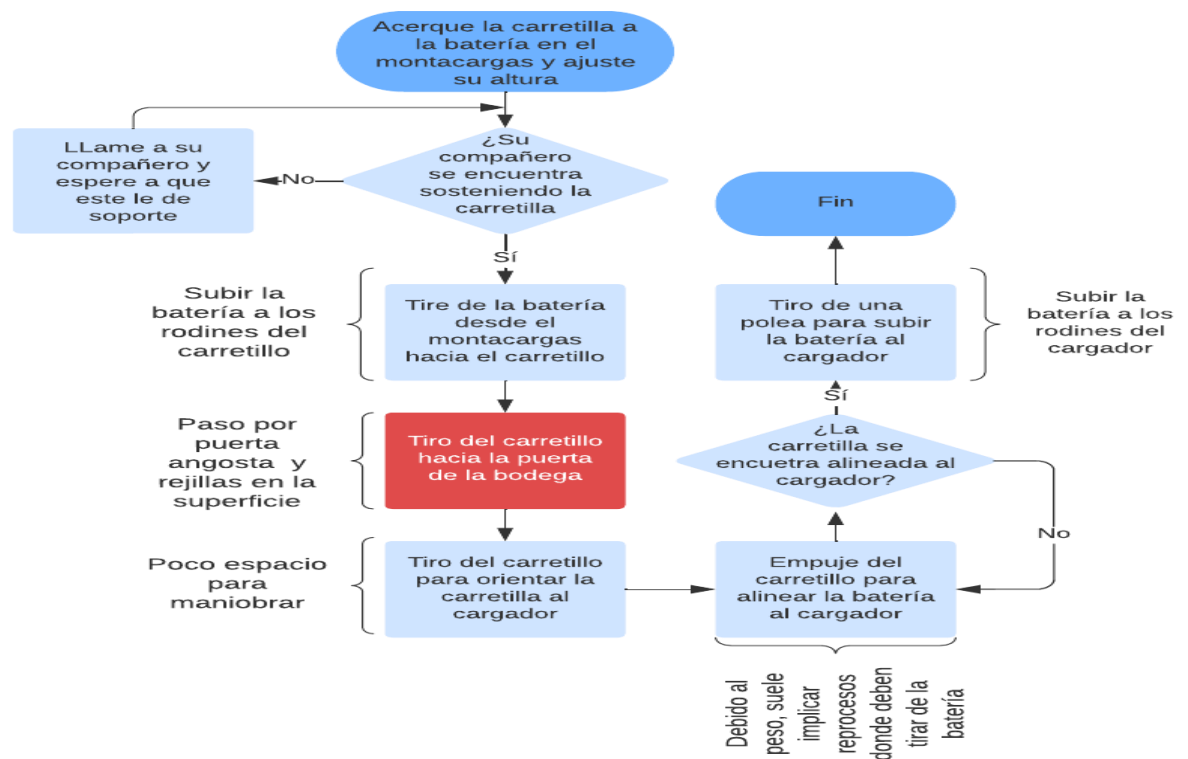
B. Condiciones actuales de intercambio de baterías

Para analizar y evaluar las variables más importantes de los riesgos identificados durante el intercambio de las baterías, primero se debe comprender el movimiento realizado y sus diferentes factores. Básicamente, los cargadores para completar los ciclos de recarga de las

baterías se almacenan en un espacio con una puerta pequeña que hace que el área sea inaccesible para el montacargas; por lo que, las baterías que pesan entre 1200 kg y 1800 kg son movilizadas a este sitio por medio de un carrito que se manipula de manera manual.

La frecuencia con la que se realiza este movimiento es dependiente de la carga de trabajo y el uso de los montacargas, pero se estima que se lleva a cabo una vez durante la jornada de trabajo y por lo general, con ayuda de otro compañero quien se mantiene al lado del carrito dando soporte y dirección. Lo anterior, no tiene ninguna instrucción de trabajo que defina cómo se debe realizar el movimiento; por lo que el diagrama de flujo que se observa en la Figura 7 es una recopilación general del Paso a Paso descrito por el personal entrevistado.

Figura 7. Flujo del movimiento de una batería desde el montacargas al cargador



Tal y como se muestra en la Figura 7, la totalidad de los movimientos descritos tienen presencia de factores externos que implican, ya sea un sobreesfuerzo físico para el personal o el

incremento del riesgo de un vuelco accidental de la batería. El tiro del carrito hacia la puerta de la bodega es el movimiento específico donde se registran la mayor cantidad de incidentes relacionados a caídas de la batería (en algunos casos se acompaña de derrame de ácidos), pues, en este punto, el personal debe tomar impulso para pasar rápido por la puerta. En caso de hacerlo lento, las llantas del carrito podrían atorarse en las rejillas de la superficie.

1. Evaluación cualitativa del riesgo químico

El análisis cualitativo desarrollado en esta sección se obtuvo por medio de la herramienta Stoffenmanager que considera datos específicos sobre las características del local y propiedades fisicoquímicas de las sustancias de interés. De manera general, la información toxicológica sobre las baterías de ácido y plomo (indicada por la ficha de datos de seguridad), advierte sobre irritaciones en las vías respiratorias y pulmones, dermatitis por contacto y daños en la córnea, entre otras consecuencias para la salud humana, según sea la ruta de ingreso al cuerpo.

Si bien, se desea conocer el nivel de riesgo al que se expone el personal durante el intercambio de baterías, la evaluación se realizó para cada uno de los componentes por separado. Dichos componentes y sus características fisicoquímicas se pueden observar en el Apéndice 12. De manera más específica, el Cuadro 9 permite analizar la clase de peligro y los niveles de exposición por inhalación a los que se encuentra expuesto el personal.

Cuadro 9. Clase de peligro y exposición por inhalación de los componentes de las baterías

Componente	Clase de peligro para los ojos (hc e)	Clase de peligro por inhalación (hc i)	Clase de exposición por inhalación (ec)
Plomo	E	E	1
Arsénico	E	E	1
Antimonio	B	D	1
Sulfato de plomo	B	D	2

Ácido sulfúrico	D	D	1
Nota: Clase de peligro por inhalación y para los ojos: B = medio, D = muy alto, E = extremo			
Clase de exposición inhalación: 1 = bajo, 2 = medio			

Como se puede observar en el Cuadro 9, para la totalidad de los componentes (plomo, arsénico, ácido sulfúrico y antimonio) la clase de exposición por inhalación es baja o media en el caso del sulfato de plomo, pues las sustancias evaluadas son parte de baterías correctamente selladas que, bajo condiciones normales, no deberían de exponer al personal. No obstante, los peligros por inhalación se estimaron como “extremo” (plomo y arsénico) y “muy alto” (antimonio, sulfato de plomo y ácido sulfúrico) debido a las características de cada componente; por lo que, si bien es poco probable que se expongan, el peligro sería extremo si lo hicieran.

Ahora bien, la base de datos sobre accidentabilidad junto con los reportes de colaboradores que narran ocasiones en las que se han derramado los ácidos de la batería, confirman la materialización de la exposición directa. Además, estos golpes y caídas comprometen el estado físico del equipo; por lo que en muchos casos se desconoce la deficiencia de los controles de la batería y, por ende, los niveles reales de exposición.

En el caso de que se comprometa el estado físico de las baterías y sus controles, podrían generarse vapores de sulfuro de hidrógeno como un indicador de deterioro y atención urgente. Si bien, la exposición a cualquier concentración por un lapso prolongado puede provocar daños en los ojos y en el sistema respiratorio y central (citado en Rodríguez Quiroga et al, 2021), este no será objeto de evaluación en esta sección, pues la herramienta Sttofenmanager no permite hacer la evaluación para sustancias en este estado físico.

Por su parte, en caso de que se materialice la exposición entre las sustancias y los ojos de los trabajadores, según se menciona en el Cuadro 9, la clase de peligro podría clasificarse como: medio, muy alto y extremo según sea la sustancia. El personal del área manifiesta la omisión total del equipo de protección personal, a pesar de que el documento “Uso seguro de

equipos para movilización, elevación y almacenamiento de cargas pesadas establece la obligatoriedad del uso de lentes de seguridad, delantal y guantes.

2. Riesgo ergonómico

Una de las principales características que definen el movimiento para intercambiar las baterías, son los movimientos de tiro y empuje que realiza el operador de las baterías sobre rieles que hacen posible que, junto con un compañero que adopta posturas forzadas, las baterías se deslicen sobre la superficie. Si bien, esto reduce los esfuerzos necesarios para romper la fuerza de fricción, los operarios describen el proceso como “muy demandante y cansado”.

3. Dolencias musculoesqueléticas

En ocasiones el personal ha manifestado sus malestares musculoesqueléticos por medio de las quejas ergonómicas que se le realizan al Consultorio Médico Laboral, quienes programan una intervención para valorar si el malestar es de causalidad laboral. Con el objetivo de conocer a detalle la presencia de este tipo de malestares en los operarios, se aplicó el Cuestionario de Dolencias Musculoesqueléticas de la Universidad de Cornell; tal y como se resumen en el Cuadro 10.

Cuadro 10. Cuestionario de dolencias musculoesqueléticas de Cornell

Partes del cuerpo	Frecuencia del dolor (n=7)				Intensidad del dolor (n=7)			Interferencia del dolor (n=7)			Total
	1 a 2 veces por semana	2 a 3 veces por semana	1 vez por día	Varias veces al día	Leve	Moderado	Intenso	No	Poco	Mucho	
Espalda alta	14%	0%	0%	0%	14%	0%	0%	14%	0%	0%	14%
Espalda baja	0%	43%	29%	0%	0%	14%	57%	14%	0%	57%	71%
Hombro derecho	0%	0%	0%	14%	14%	0%	0%	0%	0%	0%	14%
Hombro izquierdo	14%	0%	0%	0%	0%	0%	14%	0%	0%	14%	14%
Muñeca - mano derecha	14%	0%	0%	0%	0%	14%	0%	0%	14%	0%	14%

Muñeca - mano izquierda 14% 0% 0% 0% 0% 14% 0% 0% 14% 0% 14%

En síntesis, el 71 % de la muestra manifiesta tener, por lo menos, una dolencia de tipo musculoesquelética. Cada una de ellas ubicada en la región superior del cuerpo; ya sea espalda, hombros o muñecas. Siendo así la espalda baja, la región con mayor reporte de dolencias; pues, el 71 % de ellos reportan malestar moderado o intenso (14 % y 57 % respectivamente) con mucha o ninguna interferencia en sus actividades laborales (57 % y 14 %).

4. Factores de riesgo ergonómico

Los factores de riesgo ergonómico son las condiciones presentes en un entorno de trabajo o una actividad que promueven la aparición de desórdenes musculoesqueléticos en los trabajadores. Es por esto que para analizar el riesgo al que se expone el personal, es importante identificar la presencia de ellos durante la manipulación de las baterías. En este caso, los factores presentes durante el tire y empuje de la carga, fueron identificados por medio de una lista de verificación basada en la norma INTE/ISO 11228-2:2019 (específica para movimientos de tire y empuje) donde se identificó la presencia del 62,5 % de los factores de riesgo.

Cuadro 11. Hallazgos de la lista de verificación de la INTE/ISO 11228-2:2019

Hallazgos de la lista de verificación de la INTE/ISO 11228-2:2019
Movimientos acelerados para iniciar o detener la carga
La carga no tiene buenas manijas/acoples
Carga inestable
Superficie crea problemas para la operación de las ruedas/rodines
Son necesarios frenos para detener de manera segura el movimiento de la carga
Pasillos angostos
Espacio inadecuado para girar / maniobrar
Una o más restricciones en la postura / posicionamiento corporal
Peligros de tropiezo
Condiciones de calor/frío/humedad
La labor requiere capacidades inusuales

La labor representa peligro para personas con algún problema de salud
La labor demanda información/capacitación especial
Deficiente mantenimiento/limpieza de carritos/carretillas/superficies del piso

Seis de los principales hallazgos encontrados, coinciden con la información compartida por los trabajadores como factores que dificultan el movimiento de la batería (superficie irregular, carretilla inadecuada o en mal estado, puertas angostas, calor y peso). Los factores mencionados constituyen aspectos o características propias del local, posturas forzadas, aplicación de fuerzas importantes y manipulación manual de cargas.

5. Tablas de Snook y Ciriello

Sobre la aplicación de fuerzas importantes y manipulación manual de cargas, las Tablas de Snook y Ciriello proporcionan parámetros sobre la fuerza máxima aceptable durante el empuje o arrastre de cargas. Para determinar la fuerza ejercida por la persona que manipula el carretillo fue necesario registrar los datos con un dinamómetro; sin embargo, debido a las características del equipo y de las baterías, no fue posible determinar la fuerza de empuje, únicamente las de arrastre; por lo que el movimiento “Empuje del carretillo para alinear la batería al cargador” no será considerado a continuación.

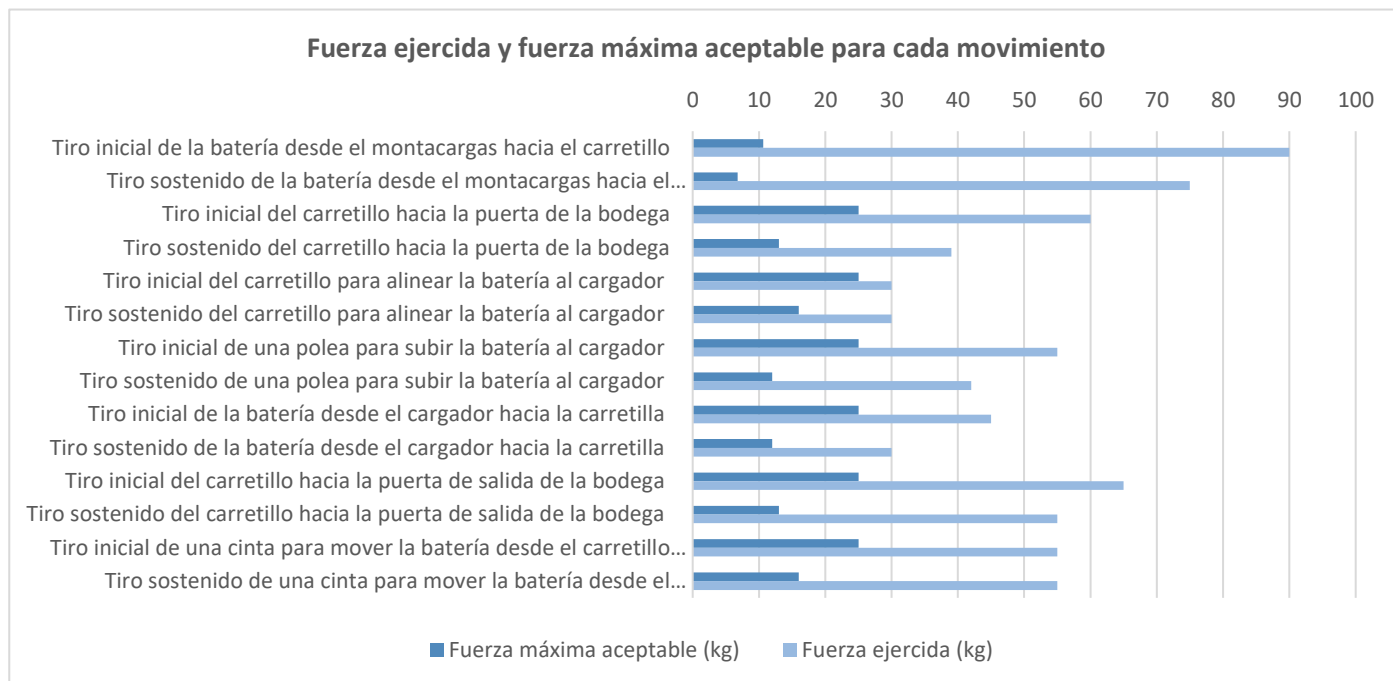
Cuadro 12. Datos para la Tablas de Snook Ciriello

Descripción del movimiento	Tipo de fuerza	Distancia de recorrido (m)	Altura	Fuerza ejercida (kgf)
Batería del montacargas hacia el cargador	Inicial	0,485	0,97	90
	Sostenida	1,03	0,97	75
	Inicial	0,485	1,12	60
	Sostenida	5,10	1,12	39

	Tiro del carrito para orientarlo al cargador	Inicial	0,485	1,12	30
		Sostenida	2,37	1,12	30
	Tiro de una polea para subir la batería al cargador	Inicial	0,485	1,12	55
		Sostenida	1,03	1,12	42
<hr/>					
	Tiro de la batería desde el cargador hacia la carretilla	Inicial	0,485	1,12	45
		Sostenida	1,03	1,12	30
Batería del cargador hacia el montacargas	Tiro del carrito hacia la puerta de salida de la bodega	Inicial	0,485	1,12	65
		Sostenida	6,90	1,12	55
	Tiro de una cinta para mover la batería desde el carrito hacia el montacargas	Inicial	0,485	0,97	55
		Sostenida	0,97	0,97	55

El Cuadro 12 contiene los datos sobre la fuerza inicial y sostenida ejercida por el operario del carrito durante la manipulación de las baterías. De los datos se desprende que la fuerza mínima ejercida es de 30 kgf y la máxima, de 90 kgf. El Cuadro 12 muestra la fuerza ejercida para cada movimiento. En este caso, la fuerza inicial y sostenida del “Tiro de la batería desde el montacargas hacia el carrito” y la inicial de “Tiro del carrito hacia la puerta de salida de la bodega”; superan los 60 kilogramos fuerza; el cual es el límite máximo de aplicación de las tablas. Estos movimientos tienen en común el montaje en rieles, lo cual lo dificulta.

Cuadro 13. Fuerza ejercida y fuerza máxima para cada movimiento



En el Cuadro 13 se puede observar que para todos los movimientos, la fuerza ejercida supera considerablemente la fuerza máxima aceptable; por lo que, a pesar de que el movimiento se realiza entre dos personas, con ayuda de rodines y un carrito hidráulico, el operador del carrito se expone a un riesgo ergonómico alto debido a la manipulación.

6. Evaluación de posturas forzadas

Como se mencionó anteriormente, el movimiento de las baterías se realiza entre dos personas, uno de ellos tira del carrito mientras que el otro le da soporte desde las partes laterales, las cuales no están diseñadas para aplicar fuerzas desde esa posición. Es por esto que, las tres principales posturas forzadas adoptadas por el trabajador se evaluaron por medio del método REBA.

Cuadro 14. Evaluación del riesgo ergonómico mediante el método REBA

Segmento corporal	Postura		
	A	B	C
Puntuación			
Grupo A			
Cuello	1	1	1
Piernas	2	2	2
Tronco	3	3	4
Total por grupo A	4	4	5
Grupo B			
Antebrazos	2	2	1
Muñecas	2	2	1
Brazos	2	4	2
Total por grupo B	3	6	3
Fuerza y Actividad			
Fuerza / Carga	3	3	3
Agarre	1	1	2
Puntuación REBA	8	9	10
Nivel de riesgo	Alto	Alto	Alto

El Cuadro 14 muestra el nivel de riesgo ergonómico para cada postura junto con la puntuación que recibe cada segmento del cuerpo con el propósito de comprender cuales son las zonas más afectadas. En este caso, el factor de mayor peso durante estas posturas refiere a la carga y a la fuerza necesaria para movilizar la carga. De la misma forma, todas las posturas representan un riesgo alto, con una principal afectación en el tronco y brazo. Esto coincide con las dolencias musculoesqueléticas reportadas por el personal a través del cuestionario de la Universidad de Cornell (Cuadro 10) las cuales se concentran en la parte superior del cuerpo con principal afectación en la espalda.

B. Gestión de la prevención de los riesgos

1. Conocimiento sobre el riesgo químico

Para complementar el contexto de exposición que tiene el personal, es necesario identificar el nivel de conocimiento que tienen sobre los riesgos a los que se exponen; por lo que

a través del Cuestionario y la Entrevista semiestructurada se recolectó la información que se detalla en las siguientes figuras.

Figura 8. Relación entre el nivel de conocimiento sobre riesgo químico y la capacitación recibida

Conocimiento sobre el riesgo químico	Alto		
	Medio	MH 1	MH 2
		MH 3	MH 4
MH 5		MH 7	
MH 8			
	Bajo		
		No	Si
Capacitación			

Según el representante de EHS las únicas personas capacitadas para atender situaciones asociadas a derrames de productos químicos, son aquellos que forman parte de la brigada de emergencias; tal es el caso del Material Handler 6, quien formó parte ERT (Emergency Response Team) hace más de 5 años. Si bien, los demás (87.5 %) no tiene formación sobre aspectos propios del riesgo químico; la totalidad de ellos obtuvieron un nivel medio de conocimiento; tras identificar los significados de los pictogramas del Sistema Globalmente Armonizado (SGA); los cuales tienen el propósito de comunicar los riesgos de manera rápida y clara.

Asimismo, a pesar de que no existe un procedimiento que especifique que hacer en caso de que una batería se caiga, se identificó que el personal conoce que en caso de que los ácidos de las baterías se derramen, deben llamar a la brigada de emergencias para aplicar el protocolo por derrame de productos químicos.

2. Conocimiento sobre el riesgo ergonómico

En términos del riesgo ergonómico, el representante de EHS señala que se ha brindado capacitación al personal específica sobre manipulación manual de cargas. Los resultados del conocimiento que poseen en función de la capacitación se resumen en la Figura 9.

Figura 9. Relación entre el nivel de conocimiento sobre riesgo ergonómico y la capacitación recibida

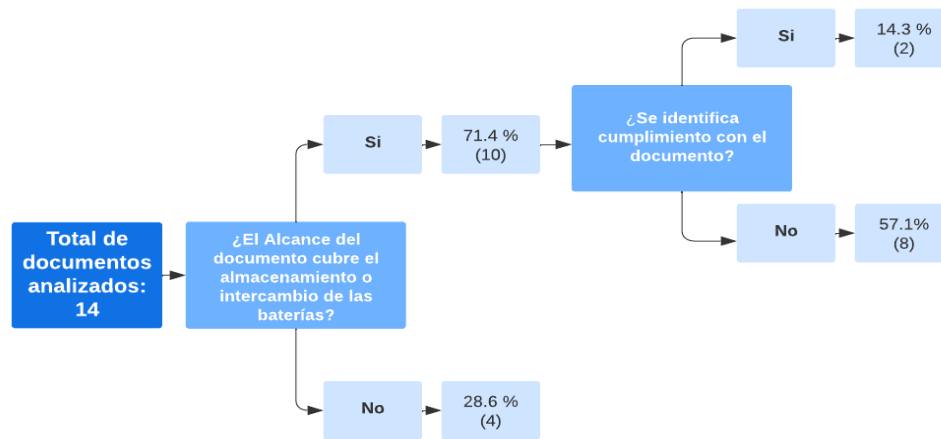
Conocimiento sobre el riesgo	Alto		MH 1, MH 3, MH 6
	Medio		MH 2, MH 4, MH 5
	Bajo	MH 7	MH 8
		No	Si
Capacitación			

Para el 87.5 % del personal que ha recibido capacitación sobre manipulación manual de cargas, los niveles de conocimiento varían entre Medio y Alto (37.5 % y 37.5 %). Por su parte, los únicos dos trabajadores de la muestra que forman parte del turno C (10:00 pm a 6:00 am); reportan un nivel bajo de conocimiento sobre el riesgo ergonómico; sin importar si han recibido capacitación o no. El turno de trabajo nocturno, al que estos pertenecen, se caracteriza por una limitada oportunidad de capacitación y supervisión por parte de sus superiores e ingenieros de EHS.

3. Documentación interna

En la actualidad, la empresa en estudio tiene su Sistema de Gestión de la Salud y Seguridad en el Trabajo (certificado bajo la norma INTE/ISO 45001: 2018) con el objetivo de administrar y mejorar, de manera sistemática, la gestión de la prevención de los riesgos laborales identificados. Es por ello que, para comprender como se han tratados los peligros identificados, se analizó la documentación interna pertinente para el almacenamiento e intercambio de baterías. Lo anterior, se detalla en la Figura 10.

Figura 10. Análisis de la documentación interna



En la Figura 10 se observa que el 28.6 % de la totalidad de la documentación analizada, no involucra elementos asociados al almacenamiento o intercambio de las baterías dentro de la definición de su alcance. Para la documentación que si hace referencia a las baterías, se analizó el cumplimiento de los requisitos internos determinados, donde se identificaron incumplimientos en el 57.1 % de la totalidad de documentos analizados.

Si bien, el detalle sobre estos documentos se puede observar en el Apéndice 13, dentro de los principales hallazgos determinados se observó que la “Matriz de identificación de peligros y evaluación de riesgos”, registra riesgos ergonómicos asociados a las baterías, mas no reconoce aquellos asociados al almacenamiento y proceso de carga de la batería; como, por ejemplo, la explosión por acumulación del hidrógeno emanado.

Asimismo, con respecto a “Requisitos básicos de salud, seguridad y ambiente fuera de áreas productivas”, “Uso seguro de equipos para movilización, elevación y almacenamiento de cargas pesadas “ y el procedimiento “Requisitos de seguridad para máquinas, fixtures y equipos (EHS Assessment)” se detectaron algunos incumplimientos por la ausencia de kits antiderrames, fichas de datos de seguridad, lavaojos, ayudas ergonómicas, equipo de protección personal para las tareas de intercambio de baterías y la aplicación de un EHS Assessment que tiene como objetivo validar los equipos de una estación desde una perspectiva de salud y seguridad.

Por último, en los documentos donde se encontraron vacíos sobre la contextualización de la situación con las baterías; se identifica el caso del “Monitoreo de agentes físicos y químicos” donde se establecen mediciones anuales de tipo ambiental u ocupacional para analizar las inmisiones de productos químicos según la priorización de EHS, sin embargo, el departamento indica nunca haber hecho un estudio al respecto.

4. Involucrados

El Alcance y las Responsabilidades determinadas por la documentación analizada permite identificar al personal expuesto, su supervisor, el proveedor de los equipos, el consultorio médico laboral, el departamento de Facilidades, EHS y el Gerente General de la planta, como aquellas personas involucras tanto en la gestión actual de la prevención, como en el desarrollo de futuros controles administrativos e ingenieriles; por lo que es importante comprender su papel en función del poder e interés en la manipulación y almacenamiento seguro de las baterías.

Figura 11. Matriz de poder - interés

Poder	Alto			Gerente General EHS
	Medio	Facilidades	Supervisor	Personal expuesto
	Bajo	Proveedor de equipos		
		Bajo	Medio	Alto
		Interés		

En síntesis, la Figura 11 permite observar un comportamiento favorable; donde la mayoría de las partes de poder tiene un importante interés en fortalecer la prevención de los riesgos identificados. Específicamente la Gerencia General, quien representa la autoridad sobre la asignación de recursos para gestionar el riesgo, ha destinado aproximadamente 125 mil dólares del presupuesto 2023. De manera consecuente, los involucrados de poder medio, muestran

diferentes niveles de interés en función de cómo se involucran con el área; como es el caso del personal expuesto, que muestra un interés alto.

5. Análisis FODA

Por último, con el propósito de integrar la información recolectada se adjunta la Figura 12 con el análisis de fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas.

Figura 12. Análisis estratégico de las fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas de las condiciones actuales de almacenamiento e intercambio de baterías de ácido sulfúrico y plomo

		Fortalezas	Debilidades
Interno		<ul style="list-style-type: none"> - Sistema de gestión de la Salud y Seguridad en el Trabajo consolidado - Los involucrados de poder muestran interés en tomar acción sobre las condiciones inseguras durante el almacenamiento e intercambio de las baterías - Recursos económicos disponibles para tomar acciones 	<ul style="list-style-type: none"> - Incumplimiento con lineamientos internos y corporativos - El sistema de extracción mecánica general no garantiza la captación del contaminante. - La bodega no cumple con los requerimientos establecidos por la NFPA 1, NFPA 855 ni la UNE-EN IEC 62485.2:2019 - El riesgo químico por inhalación debido a las baterías es alto. - El riesgo ergonómico debido a aplicación de fuerzas y posturas forzadas durante el intercambio de baterías es alto - No se dispone de lineamientos corporativos claros y estrictos para el área de Recibo - Desatender un hallazgo de primer nivel de la auditoría corporativa; lo que afectaría los índices corporativos de Salud y Seguridad y con ello un impacto negativo sobre la asignación del presupuesto anual.
Externo			
		<ul style="list-style-type: none"> - Proveedor ofrece capacitación sobre la correcta manipulación de las baterías de ácido sulfúrico y plomo 	<ul style="list-style-type: none"> - Pérdida de la certificación ISO 45001; lo cual puede impactar de manera negativa en la imagen de la empresa sobre la salud y

<ul style="list-style-type: none"> - Existen proveedores que ofrecen alternativas mecánicas para realizar el movimiento de las baterías - Normativa de referencia para gestionar el riesgo asociado al almacenamiento y carga de las baterías. 	<ul style="list-style-type: none"> seguridad. - Afectación de la imagen de la empresa en términos de la salud y seguridad - La migración hacia la descarbonización ha emergido junto con riesgos asociados a la seguridad contra incendios.
--	--

Luego, para determinar las estrategias integradas al programa para el almacenamiento e intercambio seguro de las baterías de ácido sulfúrico y plomo en el área de Recibo, se puede observar la Figura 13.

Figura 13. Estrategias del análisis de fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas

	Fortalezas	Debilidades
Oportunidades	<ul style="list-style-type: none"> - Considerar la normativa existente y los lineamientos corporativos para aportar al sistema de Gestión de la Salud y Seguridad en el Trabajo - Generar una alianza con el proveedor para gestionar los recursos económicos disponibles en capacitación y alternativas mecánicas para movilizar la batería 	<ul style="list-style-type: none"> - Atender los incumplimientos con los lineamientos internos para alinearse a los corporativos - Consultar la normativa de referencia para diseñar un sistema de extracción de aire que garantice la captación del contaminante. - Consultar la normativa de referencia para diseñar una bodega de que cumpla con la NFPA 1, NFPA 855 y la UNE-EN IEC 62485.2:2019
Amenazas	<ul style="list-style-type: none"> - Reforzar el Sistema de Gestión de la Salud y Seguridad en la empresa que respalde la imagen de la empresa en términos de la Salud y Seguridad - Optimizar el interés que tienen los involucrados para reforzar el Sistema de Gestión y su certificación - Optimizar los recursos económicos para atender el hallazgo de primer nivel de la auditoría corporativa debido a las baterías. 	<ul style="list-style-type: none"> - Desarrollar un programa para el almacenamiento e intercambio seguro de las baterías de ácido sulfúrico y plomo - Desarrollar controles administrativos e ingenieriles para gestionar el riesgo asociado

C. Conclusiones

- La gestión actual de la prevención de los riesgos durante almacenamiento e intercambio de las baterías de ácido sulfúrico y plomo es deficiente e incompleta. Pues, además de que la empresa no tiene identificado el peligro por explosión durante la carga de las baterías, también existe un 57.1 % de incumplimientos a los requerimientos internos. Esto dificulta la selección y eficiencia de los controles sobre los peligros; por lo que estas actividades que se asocian al 58 % de los peligros (biomecánico, químico y de seguridad) a los que se expone el personal en la bodega, requieren medidas de control.
- La bodega de Recibo no alcanza los requisitos establecidos por la NFPA 1, NFPA 855 ni UNE-EN 62485-3:2015 debido a la ausencia de señalización, métodos para la neutralización de ácidos, barreras contra incendios, criterios de ventilación y presencia de fuentes de ignición. Lo anterior implica que el área no proporciona un nivel razonable de seguridad para los trabajadores ni la protección de la propiedad contra los peligros creados por las baterías de ácido sulfúrico y plomo.
- La presencia de fuentes de ignición en el local donde se encuentran almacenadas las baterías y elementos asociados al movimiento de estas; junto con una ventilación general mecánica que no alcanza el caudal mínimo requerido por la NFPA 855; incrementa el riesgo de que, ante una posible acumulación de hidrógeno en la atmósfera, una pequeña chispa podría generar la ignición inmediata del hidrógeno y desencadenar una explosión.
- La evaluación cualitativa de las baterías de ácido sulfúrico y plomo determinan que el peligro por inhalación es extremo debido a las características fisicoquímicas de las sustancias que las componen. Una materialización de la exposición durante el intercambio de las baterías debido a la deficiencia en sus controles o a un vuelco accidental, puede provocar irritaciones en las vías respiratorias y pulmones, dermatitis por contacto y daños en la córnea.
- El riesgo ergonómico al que se expone el personal durante el intercambio de baterías de ácido sulfúrico y plomo es alto. Esto se debe a la aplicación de fuerzas importantes y posturas anormales que afectan principalmente la región de la espalda, donde el 71 %

del personal estudiado manifiesta dolor intenso; por lo que se recomienda implementar cambios en el método de intercambio de las baterías.

- La capacitación sobre los riesgos a los que se expone el personal es incompleta, pues, no incluye información sobre el riesgo químico. Asimismo, se excluyen estrategias para garantizar la capacitación del personal en todos los turnos de trabajo. En consecuencia, el personal omite aspectos de seguridad como el uso del equipo de protección personal y permite las cargas excesivas de las baterías.

D. Recomendaciones

- Crear un programa para el almacenamiento e intercambio seguro de las baterías de ácido sulfúrico y plomo en el área de Recibo basado en las normas INTE 31-09-09:2016, NFPA 1, NFPA 855 y UNE-EN 62485-3:2015. Además, debe alinearse con los requerimientos internos de la empresa e incluir controles administrativos e ingenieriles que gestionen los peligros biomecánicos, químicos y de seguridad.
- Diseñar un espacio de almacenamiento de baterías de ácido sulfúrico y plomo que cumpla con los requisitos mínimos necesarios para establecer un nivel razonable de seguridad para la vida y la protección de la propiedad contra los peligros creados por las baterías de ácido sulfúrico y plomo. Se debe involucrar la señalización específica del riesgo, métodos para la neutralización de ácidos, barreras contra incendios, cumplir con los criterios de ventilación e incluir estrategias para eliminar y controlar las posibles fuentes de ignición.
- Para garantizar la captación de hidrógeno y mitigar el riesgo de explosión ante una chispa se debe instalar un sistema de extracción localizada que cumpla con los requisitos de mínimos de ventilación.
- Invertir en un método alternativo de tipo mecánico para realizar el intercambio de las baterías de ácido sulfúrico y plomo que disminuya los riesgos durante el movimiento de las misma.
- Fortalecer la capacitación sobre los riesgos derivados del intercambio y almacenamiento de baterías de ácido sulfúrico y plomo, sus medidas de seguridad y

posibles fuentes de ignición. Asimismo, se recomienda determinar su frecuencia y controles sobre su eficiencia.

- Se recomienda seleccionar el equipo de protección personal adecuado para la exposición a las sustancias químicas de las baterías, así como gestionar su uso y revisiones periódicas.

V. Alternativas de solución

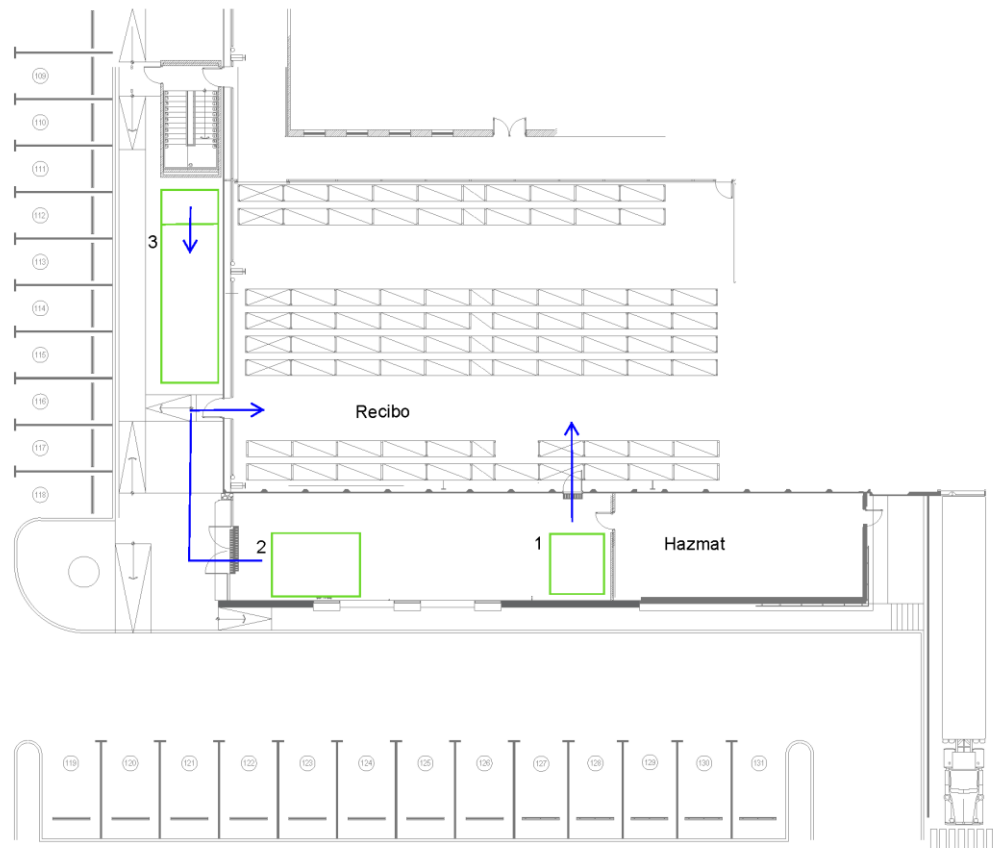
Esta sección se describen las diferentes propuestas de solución para los procesos de almacenamiento e intercambio de las baterías de ácido sulfúrico y plomo en el área de Recibo. Inicialmente, se discutirán las alternativas para el almacenamiento, se elegirá una y en función de la opción seleccionada, se discutirán las alternativas para el intercambio de baterías.

A. Propuestas para almacenamiento de baterías de ácido sulfúrico y plomo

Todas las alternativas desarrolladas en esta sección tienen el objetivo de proporcionarán un nivel razonable de seguridad para la vida y la protección de la propiedad contra los peligros creados por las baterías de ácido sulfúrico y plomo; por lo que cada una de ellas se alinearán con los requisitos de las normas NFPA 855 y UNE-EN 62485-3:2015.

Para esto, el diseño del sistema de extracción de aire, la señalización específica, los métodos para neutralización de ácidos y otros implementos de seguridad, se especifican en el almacenamiento dentro del Programa para el almacenamiento e intercambio seguro de las baterías de ácido sulfúrico y plomo en el área de Recibo. Las diferentes propuestas desarrolladas en esta sección únicamente plantean alternativas para la ubicación del local, las cuales pueden observarse en la Figura 14.

Figura 14. Alternativas de la ubicación del local para el almacenamiento de las baterías de ácido sulfúrico y plomo



La figura 14 muestra las tres alternativas de ubicación de la nueva bodega en un plano actual del área de Recibo. Si bien, las dos primeras alternativas se desarrollan dentro de la bodega actual de Recibo, la tercera alternativa reubica la bodega en un espacio que actualmente es zona verde.

Alternativa 1: cerramiento del área actual de las baterías

Para cumplir con la normativa NFPA 855, las baterías de ácido sulfúrico y plomo deben almacenarse separadas de sustancias combustible y fuente de ignición. En la actualidad, las baterías permanecen en un espacio compartido con residuos peligrosos y cilindros de gas comprimido; por lo que esta alternativa propone construir un cerramiento cortafuego que permita mantener a las baterías en su ubicación actual y separarlas de los demás elementos de la bodega.

Si bien esta propuesta permite aprovechar la infraestructura actual, sus rociadores y detectores de humo, para poder encerrar el área con paredes cortafuego se deben realizar una serie de cambios. El detalle de las implicaciones que requiere esta alternativa y sus costos asociados se detalla a continuación:

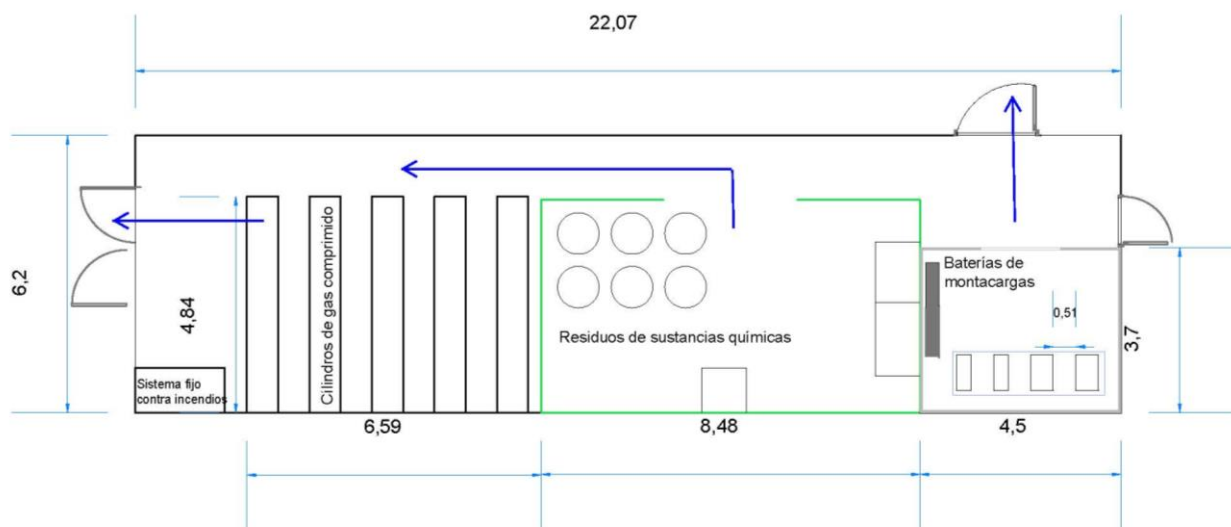
Cuadro 15. Aspectos, costos y beneficios de la alternativa 1

Aspecto	Beneficios	Costo
Reubicación de la manejadora del aire acondicionado del área del Hazmat *	Separa las baterías de equipos eléctricos o con riesgo de explosión Disponibilidad de espacio	\$ 47 860
Ampliar la puerta principal de la bodega de Recibo	Permite el ingreso de equipos para el intercambio de baterías	\$ 7 301
Reubicación de diques de contención de derrames	Permite el tránsito seguro de equipos para el intercambio de baterías	\$ 38 333
Paredes con resistencia a fuego de dos horas	Barreras contra incendios que protegen el contenido de las bodegas	
Instalación de puerta corrediza cortafuego	Optimización de espacio	
Costo total (\$):		\$ 93 494
*El costo asociado de la reubicación de la manejadora del aire acondicionado contempla la construcción civil de una estructura para ubicar el equipo en el techo; así como la instalación y movimiento de los componentes eléctricos, tuberías y ductería de la manejadora del A/C.		

Nota. Grupo SEAR y Clima Ideal, comunicado personal, 2022.

Considerando todos los movimientos necesarios para la implementación de esta alternativa, el costo asociado es de \$ 93 493. Si bien, la ubicación de esta bodega permite mantener el flujo actual de ingreso y salida de todos los otros productos que se almacenan en la bodega y su respectiva área asignada; lo anterior podría limitar una futura necesidad de incrementar la capacidad instalada para almacenar sustancias químicas, desechos peligroso y cilindros de gas. Lo anterior se puede visualizar en la Figura 15.

Figura 15. Diseño general de la alternativa 1



Alternativa 2: Relayout de la bodega de Recibo y cerramiento para las baterías

La segunda alternativa considera reubicar las baterías dentro de la misma bodega de Recibo y construir un cerramiento con las mismas características que el de la Alternativa 1. Considerando el aprovechamiento de la infraestructura actual y sus equipos como rociadores y detectores de humo; las implicaciones se detallan en el Cuadro 16.

Cuadro 16. Aspectos, costos y beneficios de la alternativa 2

Aspecto	Beneficios	Costo
Reubicación de diques de contención de derrames	Permite el tránsito seguro de equipos para el intercambio de baterías	\$ 38 333
Paredes con resistencia a fuego de dos horas	Barreras contra incendio	
Puerta corrediza cortafuego	Optimización de espacio	
Costo total (\$):		\$ 38 333

Nota. Grupo SEAR, comunicado personal, 2022.

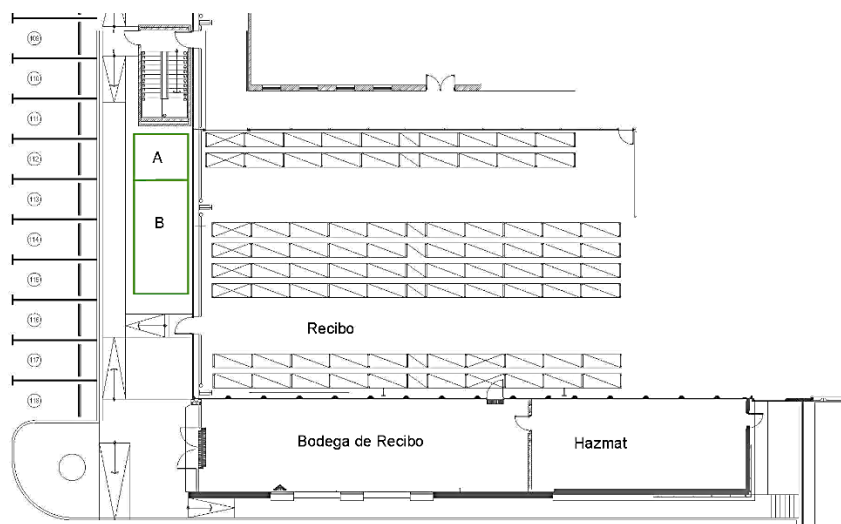
Si bien, el costo asociado a esta alternativa es de \$ 38 33; el flujo de trabajo dispuesto para la movilización de las baterías sería a la intemperie; lo que no solo expone al personal y los diferentes equipos a las condiciones ambientales; sino que también alarga el recorrido que se

debe hacer con la batería lo cual impacta en tanto en la productividad como en el tiempo de exposición a riesgos asociados al intercambio de la batería.

Alternativa 3: Construir una nueva bodega específicamente para las baterías de ácido sulfúrico y plomo.

Por último, el espacio de almacenamiento de esta alternativa se dispone fuera de la bodega de Recibo; específicamente en un espacio libre que se observa en la Figura 16.

Figura 16. Alternativa 3



En este caso, la bodega de interés para las baterías estaría ubicada en la sección A que se observa en la Figura 16; por su parte la sección B es un área libre por donde podría acercarse el montacargas para recibir la batería. Esta alternativa requiere la construcción completa de un nuevo local, por lo que, los aspectos necesarios a desarrollar para llevar a cabo esta alternativa se muestran a continuación.

Cuadro 17. Aspecto, costo y beneficios de la alternativa 3

Aspecto	Beneficios	Costo
Construcción de un nuevo local	Almacenamiento de baterías	\$ 65 572

Paredes con resistencia a fuego de dos horas	Barreras contra incendio	
Puerta cortafuego	Barrera contra incendio	
Detección de humo	Cumplimiento normativo	
Diques de contención de derrames	Cumplimiento normativo	

Nota. Grupo SEAR, comunicado personal, 2022.

Si bien, esta alternativa propone la construcción de un nuevo local cuyo costo asociado es de \$ 65 572; la ubicación estratégica de este permite contener el riesgo de explosión lejos de sustancias inflamables como las almacenadas en la bodega actual. Además, esta ubicación es afín con las futuras necesidades de la empresa para incrementar su capacidad instalada.

Comparación de alternativas de solución para el almacenamiento de las baterías de ácido sulfúrico y plomo

El análisis comparativo de las alternativas considera diferentes dimensiones tales como: salud, seguridad, aspecto económicos, socioculturales, ambientales y normativos. El detalle de cada uno de ellos según la puntuación asignada se observa en el siguiente cuadro.

Cuadro 18. Escala de puntuación para las alternativas de solución para el almacenamiento de baterías

Puntuación	Criterios				Estándares aplicables
	Salud y seguridad	Económico	Sociocultural	Ambiental	
1	La alternativa no proporciona controles para los riesgos asociados al almacenamiento	La alternativa sobrepasa el presupuesto asignado (\$125 000)	La alternativa no permite el aumento de la capacidad instalada de la bodega	La totalidad de la alternativa implica el consumo de nuevos recursos	No se cumple con la NFPA 855, NFPA 1

2	La alternativa controla o elimina la exposición a factores de riesgo durante el almacenamiento pero no los asociados al intercambio	Es la alternativa de mayor costo pero si se ajusta al presupuesto asignado (\$125 000)	La alternativa podría interrumpir el aumento de la capacidad instalada de la bodega	La alternativa implica el consumo de algunos nuevos recursos y el aprovechamiento de otros existentes.	Se cumple con al menos los requisitos de las normas NFPA 855, NFPA 1
3	La alternativa controla o elimina la exposición a factores de riesgo durante el almacenamiento e intercambio	Es la alternativa de menor costo que se ajusta al presupuesto asignado (\$125 000)	La alternativa permite el aumento de la capacidad instalada de la bodega	Se mantiene el consumo de recursos actual	Se cumple con la NFPA 855, NFPA 1y UNE

Considerando la definición de los criterios con los que se evaluarán las diferentes alternativas; el siguiente Cuadro detalla la puntuación para cada dimensión.

Cuadro 19. Matriz multicriterio para las alternativas de almacenamiento de baterías

Alternativa	Criterios					Sumatoria
	Salud y seguridad	Económico	Sociocultural	Ambiental	Estándares aplicables	
Alternativa 1	Puntuación: 3	Puntuación: 2	Puntuación: 2	Puntuación: 2	Puntuación: 3	12
	La alternativa controla o elimina la exposición a factores de riesgo durante el almacenamiento e intercambio de baterías	La alternativa de mayor costo: \$ 93 494 Pero se ajusta al presupuesto asignado (\$ 125 000)	En caso de que sea necesario incrementar la capacidad instalada de la empresa, esta alternativa limitaría el espacio	Se aprovecha la estructura actual de la bodega pero se consumen algunos nuevos recursos para implementar los cambios necesarios.	Se cumple con la NFPA 855, NFPA 1y UNE	
Alternativa 2	Puntuación: 2	Puntuación: 3	Puntuación: 2	Puntuación: 2	Puntuación: 3	12

	La alternativa controla la exposición a factores de riesgo durante el almacenamiento; pero incrementa los factores de riesgo durante el intercambio de baterías.	Es la alternativa de menor costo (\$ 38 333) que se ajusta al presupuesto asignado.	En caso de que sea necesario incrementar la capacidad instalada de la empresa, esta alternativa limitaría el espacio	Se aprovecha la estructura actual de la bodega pero se consumen algunos nuevos recursos para implementar los cambios necesarios.	Se cumple con la NFPA 855, NFPA 1y UNE	
	Puntuación: 3	Puntuación: 3	Puntuación: 3	Puntuación: 1	Puntuación: 3	
Alternativa 3	La alternativa controla o elimina la exposición a factores de riesgo durante el almacenamiento e intercambio de baterías	Es la alternativa de costo medio (\$ 65 572) que se ajusta al presupuesto asignado.	Esta alternativa libera espacio en la bodega actual de Recibo; por lo que se alinea con la oportunidad de incrementar la capacidad instalada para almacenar productos químicos.	La totalidad de la alternativa implica el consumo de nuevos recursos	Se cumple con la NFPA 855, NFPA 1y UNE	13

Según el cuadro anterior, la alternativa 3 proporciona las mejores condiciones para los aspectos económicos, socioculturales, de estándares aplicables y salud y seguridad. Si bien en los aspectos ambientales se identifican algunas limitaciones, la alternativa 3 se selecciona como la más favorable para su implementación.

B. Propuestas para el intercambio de baterías de ácido sulfúrico y plomo

A continuación, se especifican tres métodos alternativos de tipo mecánico para realizar el intercambio de las baterías de los montacargas.

Alternativa 1: Equipo portátil de extracción de batería lateral (MTC ABPG)

El equipo portátil de extracción de batería lateral de la marca MTC es una carretilla con un electroimán integrado que se adhiere a la batería y la arrastra sobre los rodines del carretillo. Una vez la batería se encuentra totalmente dentro de la carretilla, esta se adhiere a unas tiras

antideslizantes que se encuentran en la superficie; los cuales aseguran la carga y le proveen estabilidad gracias a la fricción que generan. La Figura 17 y 18 proporcionan la vista frontal y trasera del equipo.

Figura 17. Vista frontal del equipo portátil de extracción de batería lateral



Nota. IMC, comunicado personal, 2022.

Figura 18: Vista trasera del equipo portátil de extracción de batería lateral



Nota. IMC, comunicado personal, 2022.

Tal y como se observa en la Figura 17, la base del equipo tiene dos estructuras de metal que permiten la unión con las uñas de una carretilla hidráulica. Gracias a ello, el equipo es portátil y permite movilizar baterías de manera confiable. Algunos de los beneficios de esta

alternativa es que el equipo se adapta a las condiciones que se requiera y puede ser operado por una única persona. No obstante, considerando que se debe integrar una carretilla hidráulica, como la de la Figura 19, el equipo ocupa mucho espacio de almacenamiento.

Figura 19. Carretilla eléctrica marca Crown



Nota. Larce, comunicado personal, 2022

Cabe destacar la carretilla de la Figura 18 funciona con una pequeña batería de ácido sulfúrico y plomo de 800 kg. Las dimensiones del equipo portátil junto con la carretilla se pueden visualizar en el Cuadro 19.

Cuadro 20. Dimensiones del equipo portátil de extracción de batería lateral y la carretilla eléctrica

Aspecto	Dimensiones
Longitud total (m)	2.30
Ancho promedio (m)	1.15
Altura superior (m)	1.343

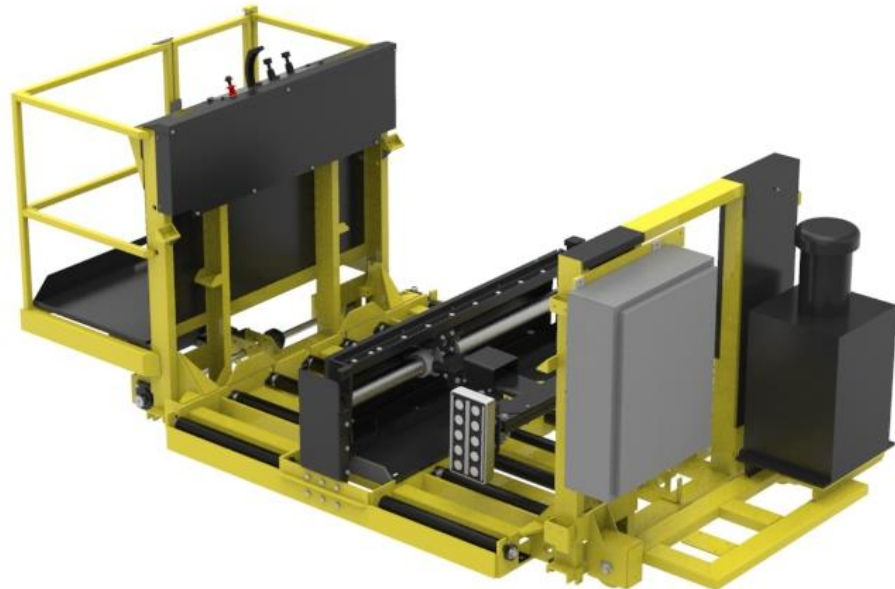
Capacidad de carga máxima (kg)	2268
--------------------------------	------

El costo total de ambos equipos tiene un costo de \$ 22 000 según Larce (comunicado personal, 2022).

Alternativa 2: Cambiador de baterías de un solo nivel (MTC PCHE-SS)

El cambiador de baterías de un solo nivel es un equipo autónomo con dos electroimanes integrados y la capacidad de manejar dos baterías de manera simultánea. Lo anterior reducir considerablemente la duración del proceso completo. El diseño del equipo se puede observar en la Figura 19.

Figura 21. Vista frontal del cambiador de baterías de un solo nivel marca MTC



Nota. IMC, comunicado personal, 2022

En la parte posterior del equipo se puede observar la estación de operación. En ella se encuentra una plataforma que permite la activación de controles únicamente cuando se identifique la presencia del operador. Desde ahí se gira y desliza el brazo con el electroimán para tomar y movilizar las baterías. Las dimensiones del equipo se pueden observar en el Cuadro 20.

Cuadro 22. Dimensiones del equipo

Aspecto	Dimensiones
Longitud total (m)	3.25
Ancho promedio (m)	1.708
Altura superior (m)	1.343
Longitud máxima de la batería (m)	1.11
Ancho máximo de la batería (m)	1.02
Altura máxima de la batería (m)	0.91
Capacidad de carga máxima (kg)	4536

El hecho de que el equipo tenga la capacidad de manipular dos baterías de manera simultánea implica de manera directa en las dimensiones del mismo; por lo que ocupa una longitud total de 3.25 metros. El costo total de este equipo según un comunicado personal de la distribuidora Larce es de \$ 120 000.

Alternativa 3: Grúa eléctrica (MTC HTC)

La grúa eléctrica está diseñada para levantar y transportar de manera sencilla las baterías de los montacargas por medio de una cadena de polipasto que viaja de izquierda a derecho y a lo largo de la viga (Figura 21). El sistema permite arranques y paradas lentas para proveer mayor seguridad.

Figura 21. Vista general de la grúa eléctrica



Nota. MTC, comunicado personal, 2022.

Considerando que las dimensiones de la grúa se ajustan a la cantidad de baterías almacenadas; el costo aproximado de la misma es de \$ 50 000.

Comparación de alternativas de solución para el intercambio de las baterías de ácido sulfúrico y plomo

Los métodos alternativos de tipo mecánico para realizar el intercambio de las baterías de ácido sulfúrico y plomo serán analizados específicamente para la bodega seleccionada en la sección anterior; es decir, la alternativa 3. El rango de puntuación para cada dimensión a evaluar se detalla en el cuadro 21.

Cuadro 23. Escala de puntuación para las alternativas de solución para el intercambio de baterías

Puntuación	Criterios					Entorno de trabajo
	Salud y seguridad	Económico	Sociocultural	Ambiental	Estándares aplicables	
1	La alternativa no reduce la exposición a factores ergonómicos	La alternativa de sobrepasa es presupuesto asignado (\$ 30 000)	El personal requiere capacitación avanzada para adaptarse a la alternativa	Incremento del consumo de recursos y generación de residuos	La alternativa no se alinea con la norma INTE/ISO 11228-2:2019	La propuesta no se adapta al diseño del local de almacenamiento de la alternativa 3
2	La alternativa reduce la exposición a factores ergonómicos, pero no los asociados al almacenamiento	Es la alternativa de mayor costo pero si se ajusta al presupuesto asignado (\$ 30 000)	El personal requiere una capacitación sencilla para adaptarse a la alternativa	Incremento del consumo de recursos o generación de residuos	La alternativa no se alinea con la norma INTE/ISO 11228-2:2019	La propuesta se adapta al diseño del local de almacenamiento de la alternativa 3; sin embargo, dificulta el flujo de trabajo
3	La alternativa controla o elimina la exposición a factores de riesgo ergonómico	Es la alternativa de menor costo que se ajusta al presupuesto asignado (\$ 30 000)	El personal no requiere capacitación para adaptarse a la alternativa	Se mantiene el consumo de recursos y generación de residuos actuales	La alternativa se alinea con la norma INTE/ISO 11228-2:2019	La propuesta se adapta al diseño del local de almacenamiento de la alternativa 3 y facilita el flujo de trabajo

Una vez definidos los criterios con los que se evaluará las alternativas propuestas, el Cuadro 22 detalla los aspectos considerados para cada dimensión evaluada.

Cuadro 24. Matriz multicriterio para las alternativas de intercambio de baterías

Alternativa	Criterios						Sumatoria
	Salud y seguridad	Económico	Sociocultural	Ambiental	Estándares aplicables	Entorno de trabajo	
1	Puntuación: 3	Puntuación: 3	Puntuación: 2	Puntuación: 2	Puntuación: 3	Puntuación: 3	16

	Se elimina la manipulación manual de cargas. El equipo no introduce nuevos peligros.	La alternativa tiene un costo total de: \$ 22 000	El personal requiere una capacitación sencilla dado que el equipo es similar a otros que utilizan.	Aumento en consumo de energía para cargar una batería más	Puntuación: 3	El tamaño del equipo se alinea con el espacio de la bodega nueva.	
2	Puntuación: 3	Puntuación: 1	Puntuación: 1	Puntuación: 2	Puntuación: 3	Puntuación: 2	12
	Se elimina la manipulación manual de cargas. El equipo no introduce nuevos peligros.	La alternativa tiene un costo total de: \$ 120 000	Se requiere una capacitación adicional dado que es el equipo es completamente diferente	Aumento en consumo de energía para cargar una batería más		El tamaño del equipo complica el movimiento en la bodega nueva	
3	Puntuación: 2	Puntuación: 1	Puntuación: 1	Puntuación: 2	Puntuación: 2	Puntuación: 1	9
	Se elimina la manipulación manual de cargas; sin embargo, permanece el riesgo de explosión por conservar equipo eléctrico dentro de la bodega	La alternativa tiene un costo total de: \$ 50 000	Se requiere una capacitación adicional dado que se trata de izaje mecánico de cargas	Aumento en el consumo eléctrico para alimentar el equipo		La disposición del equipo obstaculiza el paso por la bodega nueva	

Según el Cuadro 22, la alternativa 1 obtiene el mejor puntaje en función de sus implicaciones en las diferentes dimensiones evaluadas. En consecuente, la alternativa 1 se selecciona para la implementación en la nueva bodega de almacenamiento.

C. Programa para el almacenamiento e intercambio seguro de las baterías de ácido sulfúrico y plomo en el área de Recibo de una empresa de dispositivos médico

I.	Introducción.....	- 1 -
II.	Aspectos generales.....	75
A.	Introducción.....	75
B.	Política.....	75
C.	Objetivos	76
1.	Objetivo general	76
2.	Objetivos específicos.....	76
D.	Alcance.....	77
E.	Metas e indicadores.....	77
F.	Asignación de responsabilidades	78
III.	Ejecución del programa	80
A.	Almacenamiento de baterías de y plomo en el área de Recibo.....	81
1.	ALCANCE	81
2.	REFERENCIAS	81
3.	DEFINICIONES	81
4.	RESPONSABILIDADES	81
5.	PROCEDIMIENTO	82
6.	ANEXOS.....	85
7.	HISTORIAL DE DOCUMENTO.....	100
B.	Intercambio de baterías de un montacargas	1
1.	PROPÓSITO	1

2.	ALCANCE	1
3.	REFERENCIAS	1
4.	DEFINICIONES	1
5.	RESPONSABILIDADES	1
6.	PROCEDIMIENTO	2
7.	REGISTROS	6
8.	ANEXOS.....	7
9.	HISTORIAL DE DOCUMENTO	7
C.	Equipo de protección personal - Manipulación de baterías de ácido y plomo.....	8
1.	PROPÓSITO	8
2.	ALCANCE	8
3.	REFERENCIAS	8
4.	DEFINICIONES	8
5.	RESPONSABILIDADES	8
6.	PROCEDIMIENTO	9
7.	REGISTROS	12
8.	ANEXOS.....	12
D.	Formación y capacitación.....	17
1.	PROPÓSITO	17
2.	ALCANCE	17
3.	REFERENCIAS	17
4.	DEFINICIONES	17
5.	RESPONSABILIDADES	17

6.	PROCEDIMIENTO	18
7.	REGISTROS	19
8.	ANEXOS.....	19
9.	HISTORIAL DE DOCUMENTO	20
IV.	Seguimiento y evaluación	21
A.	Evaluación y seguimiento del Programa para el almacenamiento e intercambio seguir de las baterías de ácido sulfúrico y plomo en el área de Recibo	21
1.	PROPÓSITO	21
2.	ALCANCE	21
3.	REFERENCIAS	21
4.	DEFINICIONES	21
5.	RESPONSABILIDADES	21
6.	PROCEDIMIENTO	22
7.	ANEXOS.....	23
8.	HISTORIAL DE DOCUMENTO.....	23
V.	Cronograma y presupuesto.....	24
VI.	Costo de implementación del programa.....	26
VII.	Conclusiones del programa.....	27
VIII.	Recomendaciones del programa.....	27

I. Aspectos generales

A. Introducción

En el área de recibo la empresa de dispositivos médicos se utilizan montacargas eléctricos para llevar a cabo tareas de levantamiento de material pesado. Estos equipos funcionan con baterías de ácido sulfúrico y plomo son movilizadas de manera manual al área de recarga cada día y medio, aproximadamente. A partir del análisis de la situación actual se determinaron una serie de factores que contribuyen con la exposición del personal a riesgos ergonómicos, químicos y de seguridad por el almacenamiento e intercambio de las baterías. de materiales peligrosos.

A partir de la situación expuesta, se desarrolla el siguiente programa donde se incluyen controles administrativos e ingenieriles para el almacenamiento e intercambio seguro de las baterías de ácido sulfúrico y plomo en el área de Recibo.

B. Política

La empresa de dispositivos médicos en Costa Rica aspira a ser líder en la gestión de la salud y seguridad en el trabajo, de esta forma se conduce el negocio y es considerado un aspecto esencial para el establecimiento de los objetivos.

Nos enfocamos en la mejora continua de la gestión de Salud y Seguridad, impulsando una cultura proactiva, determinando que nada es tan urgente o importante que no se pueda hacer una forma segura y saludable.

En la empresa de dispositivos médicos en Costa Rica se comparte el compromiso de alcanzar los estándares en el desempeño de la salud y seguridad en el trabajo de la siguiente forma:

Proporcionando condiciones de trabajo seguro y saludable para la prevención de lesiones y deterioro de la salud relacionado con el trabajo;

Manteniendo un proceso para la gestión de riesgos con el fin de eliminar los peligros y reducir los riesgos para la salud y seguridad en el trabajo;

Asegurando el cumplimiento de los requisitos legales y otros requisitos aplicables;

Consultando y promoviendo la participación de los colaboradores y sus representantes en asuntos relacionados a la salud y seguridad en el trabajo

La empresa de dispositivos médicos en Costa Rica asume la responsabilidad y se compromete a que esta política sea comunicada a todos sus colaboradores y sea disponible a sus partes interesadas de manera pertinente y apropiada

C. Objetivos

1. Objetivo general

Determinar las medidas de control administrativas e ingenieriles para el almacenamiento e intercambio seguro de las baterías de ácido sulfúrico y plomo en el área de Recibo de una empresa de dispositivos médicos.

2. Objetivos específicos

- Desarrollar los controles administrativos e ingenieriles para el espacio de almacenamiento y recarga de baterías de ácido sulfúrico y plomo con base en los estándares de NFPA 855 y la UNE-EN 62485-3:2015.
- Definir controles administrativos e ingenieriles para el intercambio de baterías de ácido sulfúrico y plomo.
- Determinar los lineamientos de la capacitación y formación de los trabajadores sobre el almacenamiento e intercambio seguro de baterías de ácido sulfúrico y plomo.

- Definir herramientas para la evaluación y seguimiento del Programa para el almacenamiento e intercambio seguro de las baterías de ácido sulfúrico y plomo en el área de Recibo.

D. Alcance

Este programa tiene como propósito prevenir los riesgos ergonómicos, químicos y de seguridad a los que se expone el personal de la empresa de dispositivos médicos, debido al almacenamiento, carga e intercambio de las baterías de ácido sulfúrico y plomo en el área de Recibo. Las siguientes secciones desarrollan los lineamientos para la capacitación y formación del personal, los controles administrativos e ingenieriles; así como el diseño de un espacio de almacenamiento que permita un nivel razonable de seguridad para la vida y la protección de la propiedad contra los peligros derivados del almacenamiento e intercambio de baterías.

E. Metas

Las metas establecidas para cada objetivo de este programa se pueden observar en el siguiente cuadro. Lo siguientes se

Cuadro 1. Metas para los objetivos del programa.

Objetivo	Meta
Desarrollar los controles administrativos e ingenieriles para el espacio de almacenamiento y recarga de baterías de ácido sulfúrico y plomo con base en los estándares de NFPA 855 y la UNE-EN 62485-3:2015.	Implementación del 100 % de controles administrativos e ingenieriles planteados para mayo del año 2023
Desarrollar controles administrativos e ingenieriles para el intercambio de baterías de ácido sulfúrico y plomo.	Implementación del 100 % de controles administrativos e ingenieriles planteados para abril del año 2023
Determinar los lineamientos de la capacitación y formación de los trabajadores sobre el almacenamiento e intercambio seguro de baterías de ácido sulfúrico y plomo.	El 100 % del personal del área de Recibo asista a las sesiones de capacitación sobre las baterías de ácido sulfúrico y plomo para marzo 2023

Definir herramientas para la evaluación y seguimiento del Programa para el almacenamiento e intercambio seguro de las baterías de ácido sulfúrico y plomo en el área de Recibo.	Que el 100 % del programa haya sido evaluado para julio 2023
---	--

F. Asignación de responsabilidades

Para el desarrollo de este programa, a continuación, se expone de manera general las responsabilidades asignadas para cada rol:

- Gerente general
 - Aprueba el programa
 - Aprueba los recursos económicos para la implementación de desarrollo de este programa
 - Se mantiene informado sobre la implementación del programa
- Departamento de EHS
 - Gestiona los recursos necesarios para la implementación de este programa.
 - Coordina la implementación de este programa
 - Supervisa el cumplimiento de este programa
 - Evalúa y da seguimiento a este programa
 - Actualiza los indicadores de las metas de este programa
- Departamento de Facilidades
 - Gestiona el mantenimiento de los equipos involucrados en este programa
- Personal del área de Recibo
 - Participan de este programa
 - Colaboran con el desarrollo del programa
- Supervisor
 - Supervisa el cumplimiento de este programa
- Proveedor de equipos
 - Brinda las fichas técnicas y fichas de datos de seguridad de todos los equipos que provean.

De manera más específica la siguiente matriz detalla el papel que desempeña los involucrados en cada una de las actividades específicas de este programa.

Cuadro 2. Matriz de asignación de responsabilidad

Ejecución del Programa para el almacenamiento e intercambio de las baterías de ácido sulfúrico y plomo					
N°	Actividades	Roles & Responsabilidades			
		R	A	C	I
Ejecución del programa					
1	Implementación de controles administrativos e ingenieriles durante el almacenamiento de las baterías	EHS	Gerente general	Facilidades	Personal expuesto Supervisor
2	Coordinación del mantenimiento periódico de los equipos periféricos de la bodega de almacenamiento	Facilidades	-	Supervisor	Personal expuesto Gerente general
3	Implementación de controles administrativos e ingenieriles durante el intercambio de las baterías	EHS	Gerente general	Facilidades	Personal expuesto Supervisor
4	Coordinación del mantenimiento periódico al equipo de manipulación de la batería	Supervisor	-	-	EHS Personal expuesto Gerente general
5	Capacitación y formación del personal	EHS	.	Supervisor	Personal Expuesto Gerente general
6	Compra y entrega del equipo de protección personal	EHS	Gerente general	Supervisor	Personal Expuesto

7	Revisión y sustitución periódica del equipo de protección personal	EHS	-	Proveedor	Personal expuesto Supervisor Gerente general
Revisión y seguimiento del programa					
8	Realizar la evaluación y seguimiento del programa	EHS	-	Supervisor Personal expuesto	Supervisor Personal expuesto Gerente General Facilidades
9	Proponer oportunidades de mejora al programa	EHS Personal expuesto Supervisor	Gerente General EHS	Supervisor Personal expuesto EHS Facilidades	Gerente general Personal expuesto Supervisor Facilidades
Nota: R: responsable, A: Aprueba, C: Consultado, I: Informado.					

II. Ejecución del programa

Almacenamiento de baterías de ácido y plomo en el área de Recibo

A. Almacenamiento de baterías de y plomo en el área de Recibo

1. PROPÓSITO

Este procedimiento define los controles para proporcionar un nivel razonable de seguridad para la vida y protección de la propiedad durante el almacenamiento y carga de las baterías de ácido sulfúrico y plomo.

1. ALCANCE

Este procedimiento aplica para la Bodega de baterías de ácido sulfúrico y plomo.

2. REFERENCIAS

Referencias Externas	
N/A	
Documentos Normativos	
NFPA 855	Norma para la instalación de sistemas estacionarios de almacenamiento de energía
UNE-EN 62485-3	Requisitos de seguridad para las baterías e instalaciones de baterías. Parte 3: Baterías de tracción
NTP 617	Locales de carga de baterías de acumuladores eléctrico de plomo-ácido sulfúrico
Referencia #	Título o descripción
N/A	N/A
N/A	N/A

3. DEFINICIONES

- 3.1 **EHS:** Departamento de Ambiente, Salud y Seguridad
- 3.2 **ERT:** Emergency Response Team
- 3.3 **Fuente de ignición:**
- 3.4 **NFPA:** National Fire Protection Association
- 3.5 **SDS:** *Safety Data Sheet*. Hoja de Datos de Seguridad

4. RESPONSABILIDADES

- 4.1 Departamento de EHS:

Almacenamiento de baterías de ácido y plomo en el área de Recibo

- 4.1.1 Implementa, mantiene y actualiza este procedimiento.
- 4.1.2 Evaluar la efectividad de las medidas implementadas
- 4.1.3 Brindar soporte para la coordinación de cambios y la verificación de las condiciones de trabajo seguras
- 4.2 Supervisor de Bodega de Recibo:
 - 4.2.1 Velar por el cumplimiento de este procedimiento
 - 4.2.2 Notificar al departamento de EHS cualquier incumplimiento a este procedimiento
 - 4.2.3 Verificar el ingreso al área de personal autorizado y capacitado o asignar un escolta para las visitas; de manera que su permanencia sea segura.
 - 4.2.4 Notificar al Departamento de EHS, todos los cambios en infraestructura, procesos, máquinas o maquinaria, para que sean establecidas de manera segura previo al funcionamiento o cambio.
 - 4.2.5 Coordinar con el proveedor la evaluación de las condiciones de las baterías.
- 4.3 Departamento de Ingeniería de Soporte:
 - 4.3.1 Vela por el mantenimiento preventivo de los equipos periféricos del área (sistema de extracción localizada).
- 4.4 Colaboradores, contratistas, proveedores y/o visitantes
 - 4.4.1 Cumplir con lo establecido en este procedimiento, así como las indicaciones adicionales de seguridad que establezca el Departamento de EHS para actividades no rutinarias o no planificadas.

5. PROCEDIMIENTO

- 5.1 Diseño de la bodega de almacenamiento de baterías de ácido sulfúrico y plomo
 - 5.1.1 La bodega de almacenamiento de batería debe disponerse tal y como se describe en el Anexo A.
- 5.2 Controles operacionales

Almacenamiento de baterías de ácido y plomo en el área de Recibo

- 5.2.1 Únicamente se encuentra permitido el uso de herramientas anti-chispas y/o equipos a prueba de explosión cuando trabaja en el área.
 - 5.2.2 Únicamente se permite el uso de radios de comunicación intrínsecamente seguros dentro del área.
 - 5.2.3 En todo momento se debe disponer de una fuente de agua limpia, tales como duchas y lavaojos.
 - 5.2.4 La distancia máxima para la ubicación de la ducha de descontaminación es máxima de diez metros.
 - 5.2.5 El sistema de extracción localizado de aire debe estar en funcionamiento las veinticuatro horas del día; según las especificaciones que se indican en el Anexo A.
 - 5.2.6 La puerta de acceso debe permanecer cerrada cuando no se utilice.
 - 5.2.7 Las SDS de las baterías se ubicarán dentro de la bodega de las baterías estarán disponibles en todo momento.
 - 5.2.8 El área debe estar libre de materiales explosivos o inflamables.
 - 5.2.9 El área no debe someterse a ninguna fuente de ignición tales como:
 - 5.2.9.1 Superficies calientes
 - 5.2.9.2 Chispas de origen mecánico
 - 5.2.9.3 Material eléctrico, corrientes eléctricas parasitas o electricidad estática
 - 5.2.9.4 Rayos
 - 5.2.9.5 Ondas electromagnéticas de radiofrecuencia
 - 5.2.9.6 Radiaciones ionizantes, ultrasonidos, compresiones y ondas de choque
 - 5.2.9.7 Reacciones exotérmicas
 - 5.2.9.8 Llamas
 - 5.2.9.9 Gases calientes
 - 5.2.10 Debe haber un espacio libre de 0.5 m de ancho a los lados de la batería.
-

Almacenamiento de baterías de ácido y plomo en el área de Recibo

5.2.11 Proceso de carga

5.2.11.1 El intercambio de las baterías deben realizarse según las indicaciones del procedimiento “Intercambio de baterías de un montacargas”.

5.2.11.2 Deben evitarse las cargas abusivas de las baterías.

5.3 En caso de caída o vuelco accidental de la batería

5.3.1 Verifique la presencia de un derrame del electrolito de la batería. En caso de derrame, diríjase a la sección 5.4 de este procedimiento.

5.3.2 Reporte el incidente en el [forms](#) y contacte al departamento de EHS para determinar los lineamientos para retirar la batería de manera segura.

5.3.3 La batería debe mantenerse fuera de servicio y disponerse en la bodega de almacenamiento de la misma, hasta que el proveedor evalúe sus condiciones.

5.4 En caso de derrame:

5.4.1 En caso un derrame de electrolito se debe notificar de manera inmediata al ERT.

5.4.2 ERT debe retirar el líquido de cualquier superficie con material absorbente o neutralizante.

5.4.3 Según la NTP 617, la neutralización de los derrames de ácido sulfúrico se puede hacer con bicarbonato sódico (NaHCO_3) o carbonato sódico (Na_2CO_3). No es recomendable emplear bases fuertes como el hidróxido sódico (NaOH).

5.4.4 No se debe añadir agua al ácido concentrado por su violenta reacción. La operación se debe realizar añadiendo lentamente el ácido sobre el agua mientras se remueve constantemente la mezcla.

5.5 En caso de contacto accidental**5.5.1 Contacto con los ojos**

5.5.1.1 En caso de contacto accidental, se debe lavar con abundante agua y durante un periodo prolongado.

Almacenamiento de baterías de ácido y plomo en el área de Recibo

5.5.1.2 Debe dirigirse al Consultorio Médico Laboral para recibir atención médica inmediata.

5.5.2 Contacto con la piel

5.5.2.1 En caso de contacto accidental, las partes afectadas deben lavarse con abundante agua.

5.5.2.2 Debe dirigirse al Consultorio Médico Laboral para recibir atención médica inmediata.

6. ANEXOS

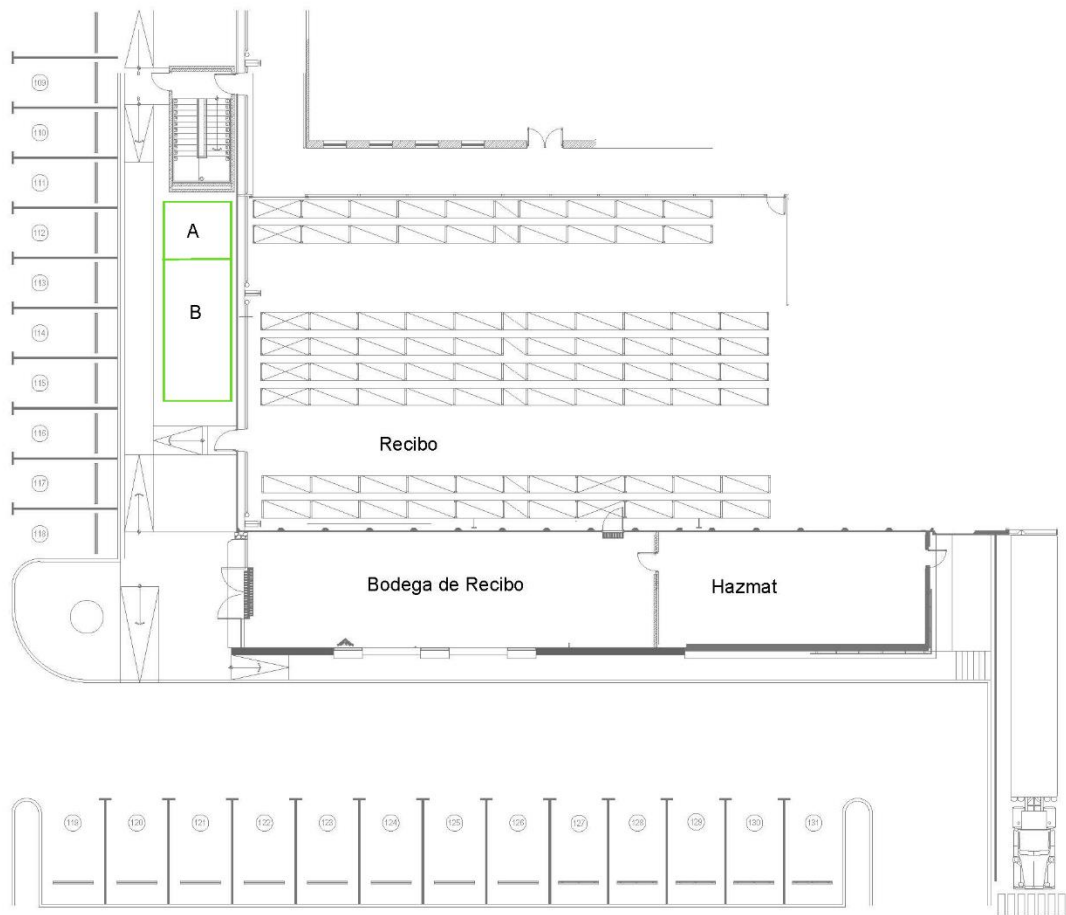
- 6.1 **Anexo A** - Diseño del espacio de almacenamiento de la bodega de baterías de ácido sulfúrico y plomo
 - 6.2 **Anexo B** – Validación de las propuestas de diseño
 - 6.3 **Anexo C** –Costo asociado de implementación
-

Almacenamiento de baterías de ácido y plomo en el área de Recibo

ANEXO A**Diseño del espacio de almacenamiento de la bodega de baterías de ácido sulfúrico y plomo**

La nueva bodega para el almacenamiento de las baterías de ácido sulfúrico y plomo estará ubicada al costado norte del área de Recibo; tal y como se muestra en la Figura 1.

Figura 1. Ubicación de la nueva bodega de baterías de ácido sulfúrico y plomo



Únicamente la sección A de la bodega estará destinada al almacenamiento de las baterías; por lo que la sección B, que tiene como propósito servir de parqueo para los montacargas, no será objeto de diseño en esta sección.

Almacenamiento de baterías de ácido y plomo en el área de Recibo

Las dimensiones mínimas de la bodega (sección A) se enlistan en el siguiente Cuadro 1.

Cuadro 1. Características de nueva bodega de baterías

Aspecto	Especificación
Largo	4.4 m
Ancho	5.35 m
Altura	3.2 m
Barreras contra incendio	Paredes y puertas corta fuego
Ventilación	Sistema de extracción localizado
Accesorios	Luminarias, detector de humo, kit de contención de derrames, ducha y lavajojos.
Equipo para intercambio de baterías	Equipo portátil de extracción de batería lateral

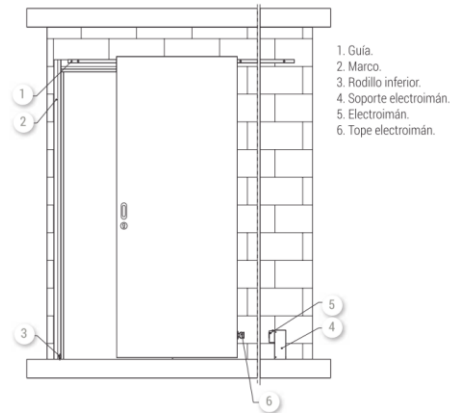
Barreras contra incendio

Para la separación física, las puertas, paredes y techos de la totalidad del local deberán proporcionar una resistencia al fuego de, por lo menos, dos horas. En este caso, y tomando como referencia a National Concrete Masonry (2018) las paredes de concreto de mm de espesor proporcionarán resistencia de 2 horas al fuego.

De la misma forma, las puertas del recinto deberán ser cortafuego con certificación UL (Figura 2 y Figura 3); además la puerta principal será corrediza tal y como se observa en la Figura 2.

Figura 2. Puerta corrediza corta fuego

Almacenamiento de baterías de ácido y plomo en el área de Recibo



Nota. Por Roper, 2022.

Figura 3. Puerta corta fuego



Nota. Por Tec-doors, 2022.

Sistema de extracción de aire

Almacenamiento de baterías de ácido y plomo en el área de Recibo

Debido a los gases y vapores que se emanan durante la carga y almacenamiento de las baterías, el área debe disponer de un sistema de extracción localizado. La tasa de ventilación por extracción basada en el área es de $1\text{pie}^3/\text{min}/\text{pie}^2$, según la norma NFPA 855. Para el área específica de la bodega de Recibo, el caudal de extracción se detalla en el siguiente Cuadro:

Cuadro 2. Caudal del sistema de extracción

Área bodega de baterías (m2)	18
Criterio NFPA 855 (m ³ /min/m ²)	0.005079
Caudal (m3/s)	0.0914

Los elementos principales del sistema se pueden observar en el siguiente Cuadro.

Cuadro 3. Características generales del sistema de extracción de aire.

Aspecto	Especificación
Ventilador (Figura 3)	<ul style="list-style-type: none"> - Centrífugo a prueba de explosiones - Pintura epóxica altos sólidos para ambientes corrosivos - Bajos niveles sonoros
Conductos	- Aluminio
Campana (Figura 4)	- Elevada simple
Caudal	- 0.0842 m3/s

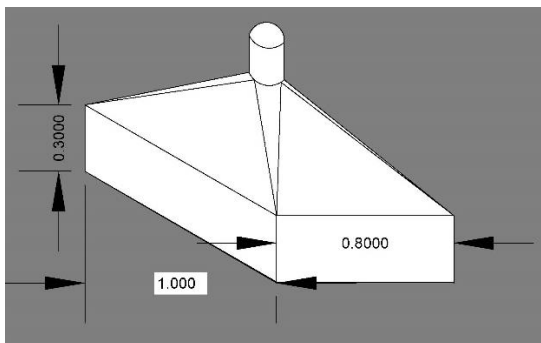
Figura 4. Ventilador centrífugo a prueba de explosiones



Nota. Por S&P, 2022.

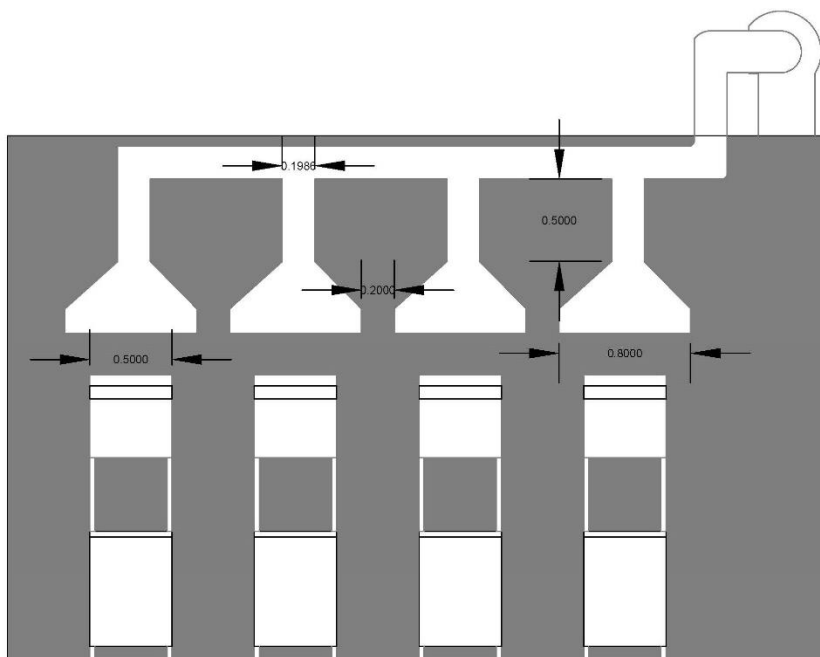
Almacenamiento de baterías de ácido y plomo en el área de Recibo

Figura 5. Campana del sistema de extracción de aire



De manera general, la instalación de las campanas, ductos y del ventilador de aire se disponen tal y como se observa en la Figura 6.

Figura 6. Vista Frontal del sistema de extracción de aire localizado



Almacenamiento de baterías de ácido y plomo en el área de Recibo

Accesorios

Otros elementos adicionales son detectores de humo, el kit de contención de derrames, la ducha y lavaojos. Cada uno de ellos se muestran en el siguiente Cuadro:

Cuadro 4. Accesorios para la bodega de baterías

Especificación	Figura
<p>Luminarias:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Marca: Sylvania - Modelo: light BC5401 - Código: P26757 - Led - A prueba de explosión - Anticorrosión - Chasis de aleación de aluminio, acero inoxidable y vidrio templado - Flujo luminoso 4. 000 lm - Vida útil: 50 000 horas 	<p>Figura 7. Luminarios a prueba de explosiones.</p>  <p>Nota. Por Silvana, 2022</p>
<p>Detector de humo o energía radiante:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Marca: Notifier - Modelo: 30-3013 - Aprueba de explosiones - Rango de temperaturas: -20°C - 65°C - Rango de humedad: 5 – 95 % de humedad relativa - Detector de policarbonato y carcasa de aluminio libre de cobre 	<p>Figura 8. Detectir de humo a prueba de explosiones.</p>  <p>Nota. Por Notifie. 2022.</p>
<p>Kit de contención de derrame</p> <ul style="list-style-type: none"> - Marca: Brady 	<p>Figura 9. Kit de contención de derrames.</p>

Almacenamiento de baterías de ácido y plomo en el área de Recibo




<ul style="list-style-type: none"> - Modelo: SKA-BKTACID - Control seguro de derrames para la mayoría de los ácidos, como derrames de baterías - El cambio de color indica neutralización - Capacidad de absorción: 4.5 galones 	 <p>Nota. Por Brady. 2022</p>
<p>Ducha y lavaojos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Marca: Bradley - Serie: S19-300 - Dispositivo a prueba de explosiones - Tubería de acero galvanizado de 32 mm 	<p>Figura 10. Ducha de descontaminación y lavaojos.</p>  <p>Nota. Por Brady. 2022</p>

Almacenamiento de baterías de ácido y plomo en el área de Recibo



Señalización:

A continuación, se detallan los requisitos generales de la señalización de la bodega de almacenamiento de productos químicos.



Cuadro 5. Especificaciones de la señalización de la bodega de baterías.

Especificaciones de la señalización	Pictograma
<p>Señal de obligación:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Indica el uso obligatorio del equipo de proyección personal. - Ubicación: por fuera de la bodega, al lado de la puerta de ingreso. <p>Diseño:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Color de seguridad: azul - Color de contraste: blanco - Área del panel del pictograma*: 500 cm² - Cuadrado por lado*: 22.4 cm - Tamaño del pictograma (por lado)*: 20 cm 	<p>Figura 11. Uso de zapatos de seguridad</p>  <p>Nota. Por INTECO, 2016</p> <p>Figura 12. Uso de monogafas de seguridad</p>  <p>Nota. Por INTECO, 2016</p> <p>Figura 13. Uso de guantes de seguridad</p>  <p>Nota. Por INTECO, 2016</p> <p>Figura 14. Uso de respirador</p>

Almacenamiento de baterías de ácido y plomo en el área de Recibo

	 <p>Nota. Por INTECO, 2016</p>
<p>Señal de prohibición:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Indica la prohibición de llamas al descubierto o fuentes de ignición. - Ubicación: Dentro de la bodega, al costado izquierdo. <p>Diseño:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Color de seguridad: rojo - Color de contraste: blanco - Área del panel del pictograma*: 500 cm² - Cuadrado por lado*: 22.4 cm - Tamaño del pictograma (por lado)*: 20 cm 	<p>Figura 15. Prohibido encender fuentes de ignición</p>  <p>Nota. Por INTECO, 2016</p>

Almacenamiento de baterías de ácido y plomo en el área de Recibo

<p>Señal de advertencia:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Indica la prohibición de llamas al descubierto o fuentes de ignición. - Ubicación: Dentro de la bodega, al costado izquierdo. <p>Diseño:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Color de seguridad: amarillo - Color de contraste: negro - Área del panel del pictograma*: 500 cm² - Cuadrado por lado*: 22.4 cm - Tamaño del pictograma (por lado)*: 20 cm 	<p>Figura 16. Riesgo eléctrico</p>  <p>Nota. Por INTECO, 2016</p> <p>Figura 17. Ácido peligroso</p> 
<p>Señal de información de las baterías:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Indica la información específica del sistema de almacenamiento de energía. - Ubicación: Puerta de ingreso a la bodega. <p>Diseño:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Área del panel del pictograma*: 500 cm² - Cuadrado por lado*: 22.4 cm - Tamaño del pictograma (por lado)*: 20 cm 	<p>Figura 18. Sistema de almacenamiento de energía</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;"> <p>SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA</p> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>TIPO DE TECNOLOGÍA: PELIGROS ESPECIALES: INFORMACIÓN DE CONTACTO DE EMERGENCIA: SISTEMA DE SUPRESION:</p> </div>
<p>Nota: *Para una distancia de observación de 10 metros.</p>	

Equipo para intercambio de baterías

El equipo portátil de extracción de batería lateral de la marca MTC es una carretilla con un electroimán integrado que se adhiere a la batería y la arrastra sobre los rodines del carretillo. La Figura 19 y 20 proporcionan vistas de los equipos.

Figura 19. Vista frontal del equipo portátil de extracción de batería lateral

Almacenamiento de baterías de ácido y plomo en el área de Recibo



Nota. IMC, comunicado personal, 2022.

Figura 20. Carretilla eléctrica para el electroimán



Las dimensiones técnicas del Equipo portátil de extracción de batería lateral (MTC ABPG) se detallan en la siguiente Cuadro 6.

Cuadro 6. Dimensiones del equipo portátil de extracción de batería lateral y la carretilla eléctrica.

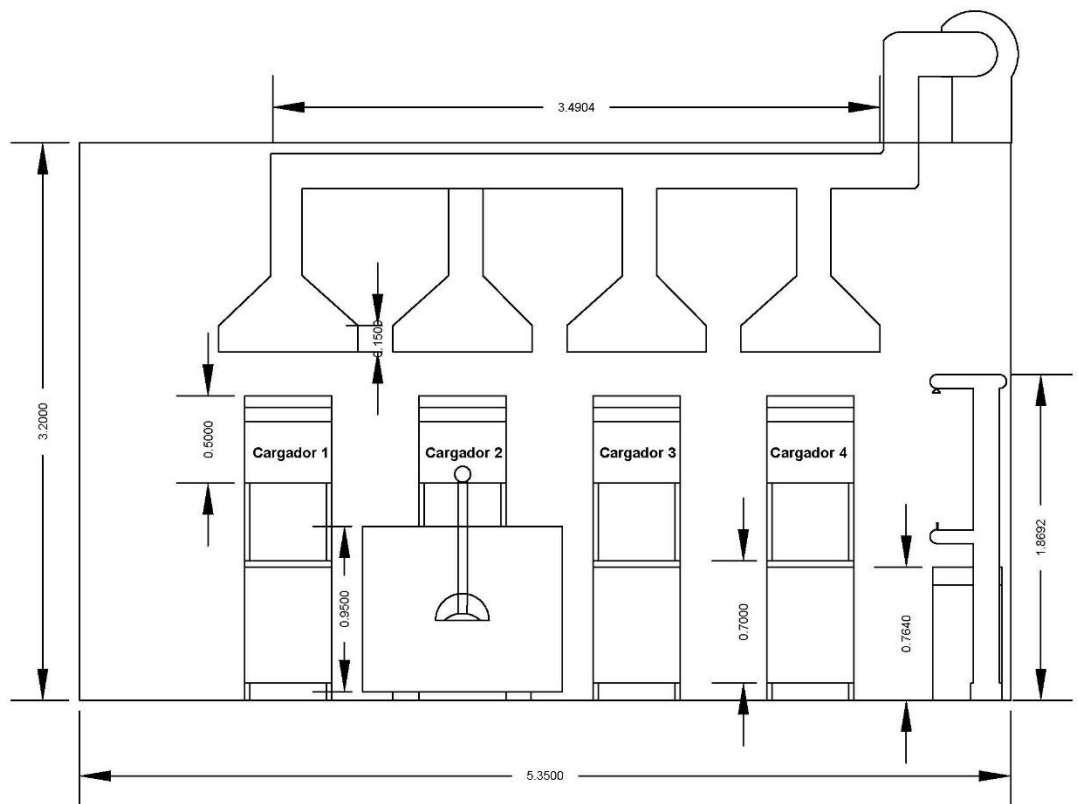
Aspecto	Dimensiones
---------	-------------

Almacenamiento de baterías de ácido y plomo en el área de Recibo

Longitud total (m)	2.30
Ancho promedio (m)	1.15
Altura superior (m)	1.343
Capacidad de carga máxima (kg)	2268

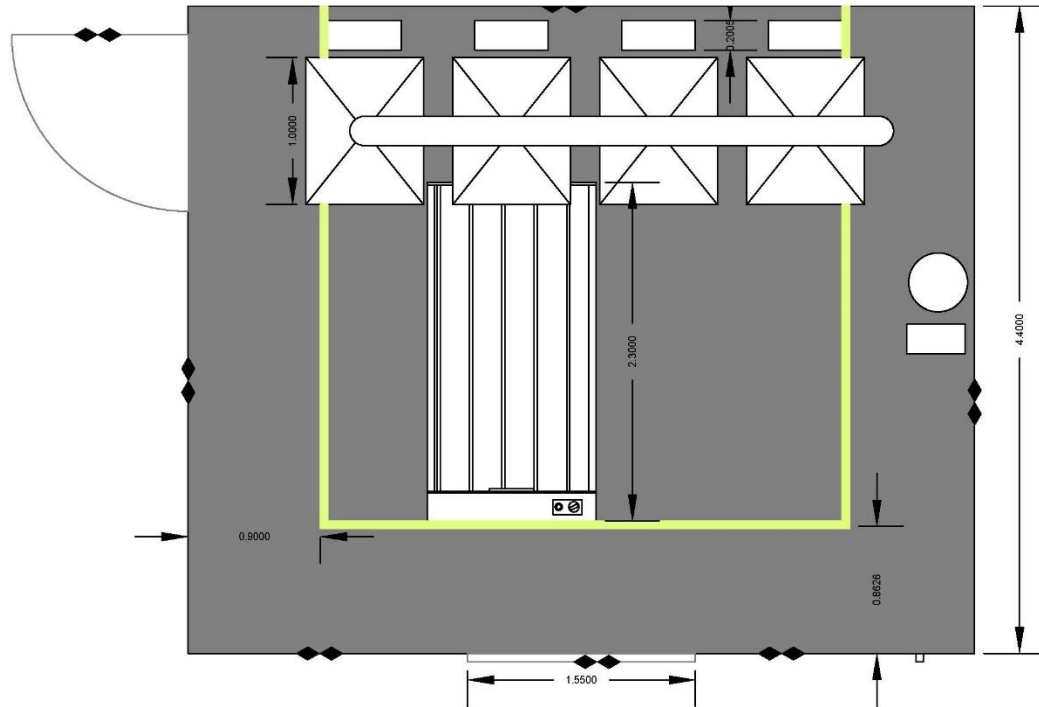
Por último, la Figura 21 y Figura 22 muestran una vista general de la bodega de baterías. En ella se identifica el sistema de extracción de aire, las baterías, sus respectivos cargadores, la ducha, lavaojos y el kit de contención de derrames.

Figura 21. Vista frontal de la bodega de almacenamiento de baterías



Almacenamiento de baterías de ácido y plomo en el área de Recibo

Figura 22. Vista Superior de la bodega de almacenamiento de baterías



Almacenamiento de baterías de ácido y plomo en el área de Recibo

ANEXO B
Validación de la propuesta de diseño

Con el objetivo de validar los controles desarrollados en el Anexo A de este procedimiento, se aplicará la lista de verificación del Apéndice 17. Esta considera las normas NFPA 1, NFPA 855, UNE-EN 62485-3:2015 y INTE/ISO 11228-2:2019. El siguiente cuadro muestra los porcentajes de cumplimiento de cada norma.

Cuadro 7. Validación de las propuestas de diseño a partir de una lista de verificación

Norma	Porcentaje de cumplimiento
UNE-EN 62485-3:2015	86.61 %
NFPA 1, NFPA 855	90 %
INTE/ISO 11228-2:2019	100 %

Almacenamiento de baterías de ácido y plomo en el área de Recibo

**ANEXO C
Costo asociado de implementación**

Los recursos económicos para el desarrollo de los controles descritos en este documento se detallan en el Cuadro 27.

Cuadro 27. Costo de implementación de la bodega de baterías

Recurso	Cantidad	Costo unitario	Costo total
Construcción del local (puertas, paredes y diques de contención)	1	\$ 65 572	\$ 65 572
Sistema de extracción de aire localizado	1	\$ 19 290	\$ 19 290
Detector de humo	1	\$ 116	\$ 116
Kit de contención de derrames	2	\$ 167	\$ 334
Lavaojos y ducha	1	\$ 6 699	\$ 6 699
Luminarias	4	\$ 1 167	\$ 4 668
Equipo portátil de extracción de batería lateral (MTC ABPG)	1	\$ 22 000	\$ 22 000
Costo total			\$ 118 679

Nota. Por Sear, Afalpi, Qsource, 2022.

De manera general, se puede observar que el costo total asociados a los controles durante el almacenamiento de las baterías tiene un costo de \$ 118 679.

7. HISTORIAL DE DOCUMENTO

Revisión	ECO/No. de la tarea	Descripción del cambio
N/A	N/A	N/A

Intercambio de baterías de un montacargas

B. Intercambio de baterías de un montacargas

1. PROPÓSITO

Este procedimiento define los métodos para la ejecución segura del intercambio de baterías de ácido sulfúrico y plomo en el área de Recibo.

2. ALCANCE

Este procedimiento aplica a todos colaboradores del área de Bodega de Recibo.

3. REFERENCIAS

Referencias Externas	
N/A	
Documentos Normativos	
N/A	N/A
Referencia #	Título o descripción
N/A	Capacitación y formación sobre baterías de ácido y plomo
N/A	Equipo de protección personal - Manipulación de baterías de ácido y plomo

Norma general: Las referencias deben ser mencionadas directamente en el contenido de este documento.

4. DEFINICIONES

- 4.1 EHS: Departamento de Ambiente, Salud y Seguridad
- 4.2 EPP: Equipo de Protección Personal
- 4.3 SDS: Safety Data Sheet. Hoja de Datos de Seguridad
- 4.4 Término: Definición/Explicación

5. RESPONSABILIDADES

- 5.1 Departamento de EHS:
 - 5.1.1 Implementa, mantiene y actualiza este procedimiento.

Intercambio de baterías de un montacargas

- 5.1.2 Brindar soporte para la coordinación de cambios y la verificación de las condiciones de trabajo seguras.
 - 5.1.3 Supervisor de Bodega de Recibo:
 - 5.1.4 Cumplir con lo establecido en este procedimiento.
 - 5.1.5 Velar por el cumplimiento de este procedimiento
 - 5.1.6 Notificar al departamento de EHS cualquier incumplimiento a este procedimiento
 - 5.1.7 Notificar al Departamento de EHS, todos los cambios en infraestructura, procesos, máquinas o maquinaria, para que sean establecidas de manera segura previo al funcionamiento o cambio
 - 5.1.8 Velar porque todo el personal involucrado en el intercambio de baterías, este capacitado para hacerlo
- 5.2 Departamento de Facilidades:
- 5.2.1 Vela por el correcto funcionamiento y mantenimiento del sistema de extracción localizado de aire.
 - 5.2.2 Colaboradores, contratistas, proveedores y/o visitantes
 - 5.2.3 Cumplir con lo establecido en este procedimiento, así como las indicaciones adicionales de seguridad que establezca el Departamento de EHS para actividades no rutinarias o no planificadas.

6. PROCEDIMIENTO

- 6.1 Requisitos generales:
 - 6.1.1 Está prohibido el ingreso al área de baterías, de personal no autorizado.
 - 6.1.2 El operador del equipo debe estar capacitado según los lineamientos del procedimiento “Capacitación y formación sobre baterías de ácido y plomo”.
 - 6.1.3 El Supervisor debe garantizar la revisión y/o mantenimiento preventivo cada 3 meses de la carretilla con el electroimán.

Intercambio de baterías de un montacargas

- 6.1.4 Las herramientas y otros objetos de metal se mantendrán fuera del contacto de las partes descubiertas superiores de las baterías.
- 6.1.5 Se prohíbe la conducción temeraria: giros violentos, conducir a más de 5km/h, en reversa sin justificación, con el suelo húmedo, resbaladizo, en rampas o inclinaciones o en superficies en mal estado.
- 6.1.6 No debe superarse nunca la capacidad nominal máxima del equipo para movilizar baterías.
- 6.2 Requisitos iniciales
 - 6.2.1 Antes de realizar el movimiento de las baterías debe planificar la tarea asegurándose de:
 - 6.2.2 El recorrido que debe realizar debe estar libre de obstáculos
 - 6.2.3 Tiene total visibilidad del recorrido
 - 6.2.4 Asegúrese de portar el equipo de protección personal completo, tal y como se detalla en el documento “Equipo de protección personal - Manipulación de baterías de ácido y plomo”.
- 6.3 Intercambio de baterías
 - 6.3.1 Verifique que el montacargas se encuentra aparcado dentro del espacio designado, apagado y con el freno puesto.
 - 6.3.2 Observe la batería y asegúrese de que no hay ningún daño visible
 - 6.3.3 Alinee el equipo con el electroimán frente a la batería y accione el botón verde que dice “Magnet”

Figura 1. Controles del equipo de intercambio de baterías

Intercambio de baterías de un montacargas



6.3.4

6.3.5 Cuando la batería este completamente dentro del carrito baje el seguro (rojo):

Figura 2. Equipo de intercambio de baterías.



6.4

6.4.1 Diríjase a la puerta de entrada a la bodega e ingrese con la carga hacia adelante.

6.4.2 Alinee la carga con la base de un cargador y accione el electroimán.

6.4.3 Una vez la batería completa esté dentro de la base del cargador, accione el seguro.

6.4.4 Nota: Verifique que el sistema de extracción de aire está funcionando. En caso contrario notifique al departamento de Facilidades y no conecte la batería.

Intercambio de baterías de un montacargas

- 6.4.5 Conecte la batería al cargador y registre la hora de inicio de la carga en la hoja de registro de la sección 8.1.
 - 6.4.6 Retire el carrito con el electroimán del área de carga y cierre la puerta.
 - 6.4.7 En caso de caída o vuelco accidental de la batería
 - 6.4.8 Verifique la presencia de un derrame del electrolito de la batería. En caso de derrame, diríjase a la sección 6.6 de este procedimiento
 - 6.4.9 Reporte al departamento de EHS y espere los lineamientos para retirar la batería de manera segura
 - 6.4.10 La batería debe mantenerse fuera de servicio y disponerse en la bodega de almacenamiento de esta, hasta que el proveedor evalúe sus condiciones.
- 6.5 En caso de derrame:
- 6.5.1 En caso de derrame se debe utilizar el EPP indicado en el documento “Equipo de protección personal - Manipulación de baterías de ácido y plomo” incluyendo el de la sección 6.8.
 - 6.5.2 En caso un derrame de electrolito se debe notificar de manera inmediata al ERT.
 - 6.5.3 ERT debe retirar el líquido de cualquier superficie con material absorbente o neutralizante.
 - 6.5.4 Según la NTP 617, la neutralización de los derrames de ácido sulfúrico se puede hacer con bicarbonato sódico (NaHCO_3) o carbonato sódico (Na_2CO_3). No es recomendable emplear bases fuertes como el hidróxido sódico (NaOH).
 - 6.5.5 No se debe añadir agua al ácido concentrado por su violenta reacción. La operación se debe realizar añadiendo lentamente el ácido sobre el agua mientras se remueve constantemente la mezcla.
- 6.6 En caso de contacto accidental
- 6.6.1 Contacto con los ojos:
 - 6.6.2 En caso de contacto accidental, se debe lavar con abundante agua y durante un periodo prolongado.
-



SOP

No. Documento: D0XXXXX

No.Revisión: X

Intercambio de baterías de un montacargas

8. ANEXOS

N/A

9. HISTORIAL DE DOCUMENTO

Revisión	ECO/No. de la tarea	Descripción del cambio
N/A	N/A	N/A

Equipo de protección personal – Manipulación de baterías de ácido y plomo

C. Equipo de protección personal - Manipulación de baterías de ácido y plomo

1. PROPÓSITO

Este procedimiento define los lineamientos técnicos para la selección y revisión del equipo de protección personal necesario para el intercambio de baterías de ácido sulfúrico y plomo.

2. ALCANCE

Equipo de protección personal requerido para el personal del área de Recibo según la Ficha de Datos de Seguridad de las baterías.

3. REFERENCIAS

Referencias Externas	
EN ISO 20345:2011 Equipo de protección individual. Calzado de seguridad. Guía para la Selección de Respiradores 3M Crown Safety Data Sheet	
Documentos Normativos	
N/A	N/A
Referencia #	Título o descripción
N/A	N/A
N/A	N/A

4. DEFINICIONES

- 4.1 EHS: Departamento de Ambiente, Salud y Seguridad
- 4.2 EPP: Equipo de Protección Personal

5. RESPONSABILIDADES

- 5.1 Departamento de EHS:
 - 5.1.1 Implementa, mantiene y actualiza este procedimiento.
 - 5.1.2 Es el responsable de la compra y revisión del equipo de protección personal

Equipo de protección personal – Manipulación de baterías de ácido y plomo

5.2 Supervisor de Bodega de Recibo:

5.2.1 Velar porque todo el personal involucrado en el intercambio de baterías cuente con el EPP completo.

5.2.2 Notifica a EHS el ingreso de nuevo personal al área para realizar la compra del EPP.

5.3 Colaboradores

5.3.1 Utiliza el equipo de protección personal siempre que sea requerido.

5.3.2 Cuida su equipo de protección personal.

5.3.3 No comparte equipo de protección personal.

6. PROCEDIMIENTO


6.1 Consideraciones para el calzado de seguridad:

6.1.1 Debe ser antiestático

6.1.2 Debe estar homologado con ISO 20345

6.2 Selección del calzado:

Cuadro 1. Zapatos de seguridad

<p>Marca: Delta Plus</p>		
<p>Calzado poliuretano/malla a aireada – S1P HRO SRC Ref. DSPORTS1P</p>		
<p>Características:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Suela de desgaste de goma nitrilo - Cuello acolchonado: Reducción de los puntos de presión a la altura de la lazada. - Caña de PU inyectado en malla mesh: mayor resistencia a la abrasión de la caña y excelente ventilación - Plantilla EVA preformada y desmontable: mayor ergonomía y comodidad en los movimientos del pie 		

Equipo de protección personal – Manipulación de baterías de ácido y plomo

- | |
|---|
| <ul style="list-style-type: none"> - Puntera de composite 200 j: mayor ligereza y menor cansancio. No conductor de calor ni frío. - No magnético - Homologado con la normativa ISO 20345 |
|---|

6.3 Consideraciones para la protección ocular

6.3.1 Debe proporcionar protección contra salpicaduras

6.4 Selección de la protección ocular

Cuadro 2. Monogafas de seguridad

Marca: Radians	
PO-LPG1-13D	
Características:	
<ul style="list-style-type: none"> - Protección contra riesgo de impactos, radiación UV, partículas y salpicaduras - Homologado con ANSI Z87.1 + D3, D4 	

6.5 Consideraciones para la protección de manos:

6.5.1 Protección de riesgos mecánicos


6.5.2 Protección de riesgo químico

6.5.3 Homologado con EN 388, EN 374-1, EN 374-2

6.6 Selección de la protección de manos:

Cuadro 3. Guantes de seguridad

Equipo de protección personal – Manipulación de baterías de ácido y plomo

<p>Marca: Showa</p>	
<p>Showa 730</p>	
<p>Características:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Protección mecánica - Proporciona resistencia química contra una amplia gama de solventes, aceites y otros productos químicos - Diseño ergonómico que maximiza la comodidad - 100 % nitrilo - Agarre con grabado - EN 388, EN 374-1, EN 374-2 	

6.7 En caso de un vuelco de la batería o cualquier otra situación donde se desconozca la integridad de la batería, se debe utilizar protección respiratoria.

6.8 Consideraciones para la protección respiratoria según la Guía para la Selección de Respiradores:

6.8.1 Respirador para gas ácido

6.9 Selección de la protección respiratoria:

Cuadro 4. Respirador

<p>Marca: 3M</p>	
-------------------------	--

Equipo de protección personal – Manipulación de baterías de ácido y plomo

PR-6003	
<p>Características: Cartucho con carbón activado para vapores orgánicos y gases ácidos (cloro, dióxido de cloro, cloruro de hidrógeno, fluoruro de hidrógeno, sulfuro de hidrógeno, vapores orgánicos y dióxido de azufre)</p>	
<p>Marca: 3M</p>	
PR-6200	
<p>Características:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Respirador de media cara con diseño de perfil bajo y conexión de filtros tipo bayoneta 	

6.10 Revisiones trimestrales:

6.10.1 Cada tres meses el departamento de EHS realiza la inspección visual del EPP según el Anexo A.

7. REGISTROS

N/A

8. ANEXOS

Anexo A Revisión periódica del EPP



SOP

No. Documento: D0XXXXX

No.Revisión: X

Equipo de protección personal – Manipulación de baterías de ácido y plomo

Anexo B Costo del Equipo de Protección Personal

Equipo de protección personal – Manipulación de baterías de ácido y plomo

ANEXO A

Revisión periódica del EPP

Formulario para verificar los equipos de protección personal					
--	--	--	--	--	--

Dueño del EPP:					
Fecha:					
Responsable de la revisión:					

Equipo	Aspecto a evaluar	Si	No	Observaciones	
Zapatos de seguridad	¿Presenta desgaste o deformación de la puntera?				
	¿Presenta desgaste o deformación en la suela?				
	¿Alguna parte del zapato presenta deformación o desgaste?				
Protección ocular	¿El lente se encuentra quebrado o tiene raspón?				
	¿La banda elástica tiene alguna rotura?				
Protección de manos	¿Los guantes presentan roturas?				
	¿Los guantes presentan desgaste en alguna de sus partes?				
Protección respiratoria	¿Las correas de ajuste presentan desgaste o se encuentran estiradas?				
	¿Las mangueras se encuentran rasgadas o con desgaste?				
	¿Los cartuchos tienen más de 3 meses de uso?				

Equipo de protección personal – Manipulación de baterías de ácido y plomo

**ANEXO B
Costo del Equipo de Protección Personal**

Los recursos económicos necesarios para la compra del equipo de protección personal detallado en este documento se detallan en el Cuadro 28.

Cuadro 5. Costo del Equipo de Protección Personal

EPP	Cantidad	Costo unitario (₡)	Costo total (₡)
Calzado de Seguridad *	16	N/A	N/A
Protección ocular		8 245	131 920
Protección de manos		4 439	71 024
Respirador		10 782	172 512
Cartucho		8 879	142 064
Costo total (₡)			517 520
*El calzado de seguridad no se contemplará como parte de los costos ya que coinciden con las características del calzado que utilizan actualmente.			

Nota. Por Sondel (2022)



SOP

No. Documento: D0XXXXX

No.Revisión: X

Equipo de protección personal – Manipulación de baterías de ácido y plomo

2. HISTORIAL DE DOCUMENTO

Revisión	ECO/No. de la tarea	Descripción del cambio
N/A	N/A	N/A

Formación y capacitación

D. Formación y capacitación

1. PROPÓSITO

Este procedimiento define los lineamientos de la capacitación y formación sobre los riesgos químicos, ergonómicos y de seguridad derivados del almacenamiento e intercambio de baterías de ácido sulfúrico y plomo; así como las medidas de seguridad necesarias para desempeñar las labores asociadas a estas, de manera segura.

2. ALCANCE

Este procedimiento aplica a todos colaboradores del área de Bodega de Recibo, ingenieros y técnicos de Facilidades que tengan acceso a la bodega de las baterías.

3. REFERENCIAS

Referencias Externas	
N/A	
Documentos Normativos	
N/A	
Referencia #	Título o descripción
104-0300.06	Formulario de Asistencia a Entrenamientos
D000185060/D	Manipulación de Cargas
N/A	Intercambio de baterías de un montacargas
N/A	Manipulación de Cargas

4. DEFINICIONES

- 4.1 EHS: Departamento de Ambiente, Salud y Seguridad
- 4.2 EPP: Equipo de Protección Personal

5. RESPONSABILIDADES

- 5.1 Departamento de EHS:
 - 5.1.1 Implementa, mantiene y actualiza este procedimiento.

Formación y capacitación

5.1.2 Garantizar el entrenamiento anual a todo el personal al que aplique este procedimiento.

5.2 Supervisor de Bodega de Recibo

5.2.1 Se asegura de que todo el personal involucrado con las baterías de ácido sulfúrico y plomo reciba la capacitación y formación estipulada en este procedimiento.

5.2.2 Notifica al departamento de EHS el ingreso de personal nuevo para que este gestione la capacitación requerida.

6. PROCEDIMIENTO

6.1 Estrategia de capacitación del personal operativo

6.1.1 El departamento de EHS coordinará con el Supervisor el espacio para la capacitación del personal.

6.1.2 El departamento de EHS coordina la logística, espacio y recursos del Anexo A para la capacitación.

6.1.3 Las sesiones de capacitación serán presenciales y tendrán una duración de una hora

6.2 Cronograma y temario:

Cuadro 1. Cronograma y temario de la capacitación

Sesión	Tema	Contenido
Primera sesión	Introducción y peligros por almacenamiento y carga	Definición y principio de funcionamiento de las baterías de ácido sulfúrico y plomo Peligros asociados a las baterías Riesgo por explosión Fuentes de ignición más habituales Medidas de seguridad durante la carga de baterías
Segunda sesión	Peligro químico	Definición de sustancia química peligrosa Definiciones del sistema Globalmente Armonizado

Formación y capacitación

		Señalización, etiquetado – pictogramas SGA Indicaciones de peligro EPP requerido Fichas de datos de seguridad
Tercera sesión	Documentación interna	Documento: Almacenamiento de baterías de ácido y plomo en el área de Recibo
Cuarta sesión	Documentación interna	Documento: Intercambio de baterías de un montacargas
Quinta sesión	Documentación interna	Documento: Manipulación de Cargas

6.2.1 Después de cada sesión, el personal debe completar el registro de asistencia de entrenamientos 104-0300.06

6.2.2 El departamento de EHS guardará el registro de la capacitación.

7. REGISTROS

N/A

8. ANEXOS

Anexo A [Recursos para el desarrollo de la capacitación y formación sobre baterías de ácido y plomo]

ANEXO A

Recursos para el desarrollo de la capacitación y formación sobre baterías de ácido y plomo

Los recursos para el desarrollo de las sesiones de capacitación detalladas en este procedimiento serán subsidiados por el centro de costos del departamento de EHS. Los recursos necesarios se detallan en el Cuadro 29.

Cuadro 2. Costo de la capacitación y formación del personal

Formación y capacitación

Recurso	Cantidad	Costo unitario (₡)	Costo total(₡)
Capacitador – personal de EHS	1	N/A	N/A
Sala de capacitación	1	N/A	
Lapiceros - hojas	16	300	7 800
Refrigerio	16	3000	48 000
Costo total por sesión			55 800
Costo total de la capacitación y formación del personal			279 000

9. HISTORIAL DE DOCUMENTO

Revisión	ECO/No. de la tarea	Descripción del cambio
N/A	N/A	N/A

III. Seguimiento y evaluación

A. Evaluación y seguimiento del Programa para el almacenamiento e intercambio seguro de las baterías de ácido sulfúrico y plomo en el área de Recibo

1. PROPÓSITO

Este procedimiento define los lineamientos para la evaluación y seguimiento del Programa para el almacenamiento e intercambio seguro de las baterías de ácido sulfúrico y plomo en el área de Recibo.

2. ALCANCE

Este procedimiento es aplicable únicamente al Programa para el almacenamiento e intercambio seguro de las baterías de ácido sulfúrico y plomo en el área de Recibo.

3. REFERENCIAS

Referencias Externas	
N/A	
Documentos Normativos	
N/A	N/A
Referencia #	Título o descripción
N/A	N/A

4. DEFINICIONES

4.1 EHS: Departamento de Ambiente, Salud y Seguridad

5. RESPONSABILIDADES

5.1 Departamento de EHS:

5.1.1 Implementa y mantiene este procedimiento

5.1.2 Ejecuta este procedimiento.

5.1.3 Conserva el historial de los indicadores de seguimiento

5.1.4 En caso de ser necesario, comunica los cambios al programa.

5.2 Supervisor

5.2.1 Da soporte a EHS para la realización de este procedimiento.

5.3 Colaboradores

5.3.1 Participa de manera activa en la evaluación del programa

6. PROCEDIMIENTO

6.1 Una vez instaurado el programa, las evaluaciones deben realizarse cada tres meses por el departamento de EHS.

6.2 Aplique las listas de verificación:

6.2.1 Lista de verificación basada en NFPA 1, NFPA 855 (Apéndice 7)

6.2.2 Lista de verificación de la INTE/ISO 11228-2:2019 (Apéndice 10)

6.2.3 Determine el porcentaje de cumplimiento de cada lista con la siguiente ecuación:

$$6.2.4 \quad \% \text{ de cumplimiento} = \frac{\text{Cantidad de puntos afirmativos}}{\text{Cantidad total de puntos en la lista}} * 100$$

6.2.5 Identifique el desempeño y nivel de acción de cada lista según la información de la Tabla.

% de cumplimiento	Significado y nivel de acción
[0 – 25]	Muy bajo – corregir y adoptar acciones de manera inmediata
] 25 - 50]	Bajo – corregir y adoptar acciones de manera inmediata
] 50 - 75]	Medio – revisar la metodología y planificar acciones para mejorar el porcentaje de cumplimiento
] 75 - 100]	Bueno – mejorar en caso de ser posible

6.3 Los siguientes indicadores serán revisados durante la reunión mensual de EHS para observar el avance de proyectos.

Procedimiento	Indicador	Cálculo
Almacenamiento de baterías de y plomo en el área de Recibo	Porcentaje de cumplimiento de controles durante el almacenamiento e intercambio de baterías de ácido sulfúrico y plomo implementados	$\frac{\text{Cantidad de controles implementados}}{9} * 100$ Nota. El indicador se calcula para 9 controles (barreras contra incendio, ventilación , equipo para movilizar las baterías y todos los accesorios)
Formación y capacitación	Porcentaje de trabajadores que han participado de la capacitación sobre baterías	$\frac{\text{Trabajadores capacitados}}{\text{Total de trabajadores de Recibo}} * 100$

7. ANEXOS

N/A

8. HISTORIAL DE DOCUMENTO

Revisión	ECO/No. de la tarea	Descripción del cambio
N/A	N/A	N/A

I. Cronograma y presupuesto

Programa para el almacenamiento e intercambio seguro de las baterías de ácido sulfúrico y plomo en el área de Recibo de una empresa de dispositivos médicos

Fecha de inicio del proyecto		12/5/2022 (Monday)			Meses					
Tarea	Inicio	Finalización	Días	% de cumplimiento	Diciembre 2022	Enero 2023	Febrero 2023	Marzo 2023	Abril 2023	Mayo 2023
Presentación y aprobación del programa	Mon 12/05/22	Tue 12/20/22	15		■	■				
Liberación del programa y sus respectivos documentos	Tue 12/20/22	Mon 1/02/23	13			■	■			
Construcción de una nueva bodega	Mon 1/02/23	Wed 5/31/23	149				■	■	■	■
Compra de equipo de protección personal y entrega del proveedor	Mon 1/02/23	Wed 2/15/23	44			■	■			
Entrega del EPP	Wed 2/15/23	Fri 2/17/23	2				■	■		
Capacitación y formación del personal	Mon 1/02/23	Wed 3/15/23	72				■	■		
Compra y entrega del equipo para movilización de baterías por parte del proveedor	Mon 1/02/23	Wed 3/22/23	79				■	■	■	
Instalación de sistema de extracción, ducha, señalización	Mon 4/03/23	Wed 5/31/23	58					■	■	■

II. Costo de implementación del programa

Si bien el detalle de los costos asociados a la implementación de cada aspecto de este programa se encuentran a lo largo de este documento; el Cuadro 30 resume la inversión total requerida para implementar los controles aquí desarrollados.

Cuadro 3. Presupuesto estimado para la implementación del Programa para el almacenamiento e intercambio seguro de las baterías de ácido sulfúrico y plomo en el área de Recibo

Aspectos del programa	Costo
Controles durante almacenamiento	\$ 118 679
Controles durante el intercambio	
Equipo de protección personal	\$ 834.95 *
Capacitación y formación	\$ 450.13*
Total	\$ 119 964
Nota: * Según tipo de cambio del Banco Central de Costa Rica para el 26 de octubre del 2022.	

Es por tanto, que el costo total asociado a la implementación de este programa este \$ 119 964.

III. Conclusiones del programa

- Los controles propuestos en este programa surgen del análisis de la situación actual de las condiciones de almacenamiento e intercambio de baterías de ácido sulfúrico y plomo en el área de Recibo. Por tanto, tales controles han sido seleccionados en función de las características específicas del área, de los trabajadores expuestos y de la organización.
- Los controles ingenieriles y operacionales seleccionados para el desarrollo de este programa se integran a las herramientas y procesos ya estipulados por la empresa y permiten disminuir los riesgos asociados durante el almacenamiento e intercambio de las baterías de ácido sulfúrico y plomo
- La bodega de baterías de ácido sulfúrico y plomo se diseñó en función de cuatro baterías. En caso de que se requiera aumentar su capacidad instalada podría albergar un total de seis baterías; tomando en consideración la capacidad de los accesorios.
- La evaluación y seguimiento de lo estipulado en este programa garantiza la mejora continua de los controles propuestos.

IV. Recomendaciones del programa

- Se recomienda el compromiso y la participación de todas las partes involucradas en la ejecución y evaluación del programa para el alcance de sus objetivos y metas.
- Se recomienda realizar evaluaciones cuantitativas sobre la exposición ocupacional a agentes químicos para conocer la efectividad de los controles propuestos en este programa.
- Se recomienda instalar equipos de monitoreo ambiental en la parte superior de la bodega de baterías para dar aviso y alarma en caso de que las concentraciones superen los niveles seguros.
- Es necesario incorporar los equipos del sistema de extracción de aire al programa de mantenimiento preventivo de la empresa y mantenerlos bajo monitoreo para garantizar su funcionamiento y la prevalencia de condiciones seguras de almacenamiento.

VI. Referencias

- Álvarez Granda, H. J., & Zuluaga Gómez, J. A. (2013). Optimización de las baterías que proporcionan el recurso energético para el servicio de los montacargas en la Industria de Alimentos Zenú SAS.
- Araque Velázquez, J. L., & Ramírez Sánchez, C. (2016). Diseño de un intercambiador para baterías de montacargas
- Asociación Española de Normalización. (2019). Requisitos de seguridad para las baterías e instalaciones de baterías. Parte 2: Baterías estacionarias (UNE-EN IEC 62485-2).
- Asociación Española de Normalización. (2015). Requisitos de seguridad para las baterías e instalaciones de baterías. Parte 3: Baterías de tracción (UNE-EN 62485-3:2015).
- Asociación Española de Normalización (2008). Atmósferas explosivas. Prevención y protección contra la explosión. Parte 1: conceptos básicos y metodología (UNE-EN 1127-1).
- Brzezińska, D. (2018). Influencia del sistema de ventilación en los riesgos de explosión de hidrógeno en salas industriales de baterías de plomo-ácido. *Energías*, 11(8), 2086.
- Cruz Martínez, J. P. (2022). Evaluación Ergonómica sobre Manipulación Manual de productos lácteos.

Denzin, N. K., & Lincoln, Y. S. (2015). Métodos de recolección y análisis de datos: Manual de investigación cualitativa. Vol. IV (Vol. 4). Editorial Gedisa.

Diego-Mas, J. (2015). Evaluación postural mediante el método REBA. Ergonautas. Método REBA - Rapid Entire Body Assessment (upv.es)

Espinoza Guerrero, H. F. (2021). Plataforma basada en Internet de las cosas (IOT) para la medición y monitoreo remoto del nivel de Gas Sulfuro de Hidrógeno Generado por baterías de montacargas eléctricos en entornos logísticos (Master's thesis).

Fibla Cebrián, N., & Sánchez Álvarez, E. J. (2020). Documento de protección contra explosiones durante la carga de baterías.

González González, R. A. (2022). Diseño e implementación de un prototipo híbrido para la generación y almacenaje de energía eléctrica a través del uso de una bicicleta (Doctoral dissertation, Universidad de San Carlos de Guatemala).

Granda Zúñiga, M. M. (2021). Niveles de plomo en sangre y estado de salud de los trabajadores de la industria minera al sur de Ecuador.

Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). Metodología de la Investigación. (6 ed.). McGRAW-HILL Interamericana. México.

International Organization for Standardization. (s.f.). ¿Qué es un checklist y cómo se debe utilizar? Plataforma Tecnológica para la Gestión de la Excelencia. ¿Qué es un checklist y como se debe utilizar? (isotools.org)

Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. (2020). Accidentes de trabajo por sobreesfuerzos. 2020. Accidentes de trabajo por sobreesfuerzos 2020 (insst.es).

Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. (2015). Encuesta Nacional de Condiciones de Trabajo. 2015 6ª EWCS – España. 0-INDICE-PRESENTACION (observatoriovascosobreacoso.com)

Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. (2011). Manipulación Manual de cargas – Guía técnica del INSHT. 27a8b126-a827-4edd-aa4c-7c0ca0a86cda (insst.es)

Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo de España. (2004). Nota Técnica de Prevención 617. Locales de carga de baterías de acumuladores eléctricos de plomo-ácido sulfúrico. NTP 617: Locales de carga de baterías de acumuladores eléctricos de plomo-ácido sulfúrico (insst.es)

Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo de España. (1998). Nota Técnica de Prevención 214. Carretillas elevadoras. NTP 214: Carretillas elevadoras (insst.es)

Lozada, J. (2014). Investigación aplicada: Definición, propiedad intelectual e industria. *CienciAmérica: Revista de divulgación científica de la Universidad Tecnológica Indoamérica*, 3(1), 47-50.

Ministerio de Trabajo y Seguridad Social. (2015). Plan de Acción de la Política Nacional de Salud Ocupacional 2016 – 2019. [Plan Nacional de Salud Ocupaciona.pdf \(mtss.go.cr\)](#)

Montealegre Avendaño, J. S., & Loiza, J. R. (2019). Propuesta de modelo de dinámica de sistemas en una red de logística inversa de baterías de plomo-ácido que permita evaluar los riesgos físicos y el impacto al medioambiente y la salud.

National Concrete Masonry Association. (2018). Fire Resistance Rating of Concrete Masonry Assemblies. [FIRE RESISTANCE RATINGS OF CONCRETE MASONRY ASSEMBLIES - NCMA](#)

National Fire Protection Association. (2021). Fire Code (NFPA 1). [NFPA 1: Fire Code](#)

National Fire Protection Association. (2021). Life Safety Code (NFPA 101). [NFPA 101®: Life Safety Code®](#)

National Fire Protection Association. (2020). Standard for the Installation of Stationary Energy Storage Systems (NFPA 855). [NFPA 855: Standard for the Installation of Stationary Energy Storage Systems](#)

Organización Internacional del Trabajo. (2019). Manipulación Manual. Manipulación manual (Administración e inspección del trabajo) (ilo.org).

Organización Internacional del Trabajo. (1997). Cuando el trabajo lesiona: Rayos X a la seguridad laboral. Pdf (ilo.org)

Organización Mundial de la Salud. (2021). Trastornos musculoesqueléticos. Trastornos musculoesqueléticos (who.int)

Ortegón, E., Pacheco, J. F., & Prieto, A. (2005). Metodología del marco lógico para la planificación, el seguimiento y la evaluación de proyectos y programas. Cepal. <http://hdl.handle.net/11362/5607>

Pérez, A. (2021) ¿Qué es un diagrama de Gantt y para qué sirve? OBS Business School. [¿Qué es un diagrama de Gantt y para qué sirve? | OBS Business School](#)

Potvin, J. R., Ciriello, V. M., Snook, S. H., Maynard, W. S., & Brogmus, G. E. (2021). The Liberty Mutual manual materials handling (LM-MMH) equations. *Ergonomics*, 64(8), 955-970.

Rodríguez Quiroga, J. A., et al. (2021). Estrategia de control frente a la exposición laboral al ácido sulfhídrico en la Central Paraíso del grupo Enel–Emgesa (Doctoral dissertation, Corporación Universitaria Minuto de Dios).

Sarli, R., Gonzalez, S. I., & Ayres, N. A. T. A. L. I. A. (2015). Análisis FODA. Una herramienta necesaria. Revista de la Facultad de Odontología, 9(1), 17-20. [sarlirfo-912015.pdf](#) (uncuyo.edu.ar)

Snook, S. H., & Ciriello, V. M. (1991). The design of manual handling tasks: revised tables of maximum acceptable weights and forces. Ergonomics, 34(9), 1197-1213.

Stoffenmanager. (s.f.). Evaluación de riesgo por inhalación. [Evaluación de riesgo por inhalación - Stoffenmanager®](#)

Tingo Chicaiza, N. A. (2022). Nivel de riesgo ergonómico y trastornos musculoesqueléticos del personal perteneciente a la asociación de estibadores Antonio Ante (Bachelor's thesis). <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/12329>

Universidad Politécnica De Valencia. (2015). Evaluación De La Manipulación Manual De Cargas Mediante Las Tablas De Snook Y Ciriello. Ergonautas. Tablas de Snook y Ciriello (Liberty Mutual) - Evaluación del levantamiento, descenso, empuje, arrastre y transporte de cargas (upv.es)

Zebadúa Avendaño, M. (2020). Metodología para determinar la condición de carga de baterías de ciclo profundo en aplicaciones fotovoltaicas.

VII. Apéndices

Apéndice 1. Entrevista semi estructurada sobre manipulación, carga e intercambio de baterías de ácido sulfúrico y plomo

Trabajador:

Puesto:

Fecha:

Esta entrevista es parte de un proyecto para el curso Trabajo Final de Graduación de la Escuela Ingeniería en Seguridad Laboral e Higiene Ambiental del Instituto Tecnológico de Costa Rica. El instrumento tiene como objetivo recolectar información relevante sobre la manipulación, carga e intercambio de las baterías de ácido sulfúrico y plomo. Los datos recolectados serán utilizados de manera confidencial.

Complete las siguientes preguntas:

1. ¿Las cargas de las baterías se programan de manera que se eviten cargas abusivas?

2. ¿Cuánto tiempo toma la carga completa de una batería?

3. ¿Cuánto tiempo tardan realizando el intercambio de baterías?

4. ¿Cuáles son los principales inconvenientes durante el intercambio de las baterías?

5. ¿En alguna ocasión la integridad física de la batería se vio comprometida? Por ejemplo, golpe o caídas.

6. ¿Existe algún protocolo en caso de que a batería se caiga? ¿Cuál procedimiento sigue?

7. ¿Existe algún procedimiento determinado para realizar el intercambio de baterías? Por favor describa a detalle como realiza este movimiento

8. ¿Utilizan equipo de protección personal durante la manipulación de la batería? ¿Cual?

9. ¿Ha recibido algún tipo de capacitación para manipular la batería de ácido sulfúrico y plomo?

10. ¿Ha recibido algún entrenamiento o capacitación sobre riesgo químico?

11. ¿Con que frecuencia realiza el intercambio de baterías en un día de trabajo?

12. ¿Cuántas personas son necesarias para realizar el intercambio de una batería?

13. ¿Ha recibido algún entrenamiento o capacitación sobre manejo manual de cargas?

14. ¿Las baterías reciben mantenimiento de manera periódica?

15. ¿Dos o más baterías se cargaban simultáneamente?

Apéndice 2. Cuestionario para los colaboradores sobre la manipulación segura de las baterías de ácido sulfúrico y plomo durante el almacenamiento e intercambio.

Trabajador:

Puesto:

Fecha:

Esta entrevista es parte de un proyecto para el curso Trabajo Final de Graduación de la Escuela Ingeniería en Seguridad Laboral e Higiene Ambiental del Instituto Tecnológico de Costa Rica. El instrumento tiene como objetivo recolectar información relevante sobre el nivel de conocimiento que tiene el personal del área de Recibo sobre los riesgos a los que se exponen durante la manipulación, carga e intercambio de las baterías de ácido sulfúrico y plomo. Los datos recolectados serán utilizados de manera confidencial.

1. ¿Reconoce que significa el siguiente pictograma?

- a. Sustancias inflamables
- b. Sustancias corrosivas
- c. Sustancias tóxicas
- d. Sustancias explosivas



2. ¿Reconoce que significa el siguiente pictograma?

- a. Cancerígeno, mutágeno
- b. Sustancias corrosivas
- c. Sustancias tóxicas
- e. Sustancias explosivas



3. ¿Reconoce que significa el siguiente pictograma?

- Cancerígeno, mutágeno
- Sustancias corrosivas
- Sustancias tóxicas
- Sustancias explosivas



4. ¿Reconoce que significa el siguiente pictograma?

- Cancerígeno, mutágeno
- Sustancias corrosivas
- Sustancias tóxicas
- Sustancias explosivas



5. ¿Conoce el significado de riesgo ergonómico?

- Si
- No

6. ¿Considera que se expone a riesgos ergonómicos durante la manipulación de las baterías de ácido sulfúrico y plomo?

- Si
- No

7. ¿Cuáles de los siguientes factores de riesgo ergonómico considera que se expone durante el intercambio de baterías de ácido y plomo?

Puede seleccionar más de una opción.

- Movimientos repetitivos
- Posturas forzadas
- Fuerza
- Presión de contacto

Apéndice 3. Entrevista semi estructurada sobre sistema de extracción e inyección de aire

Nombre:

Puesto:

Fecha:

Esta entrevista es parte de un proyecto para el curso Trabajo Final de Graduación de la Escuela Ingeniería en Seguridad Laboral e Higiene Ambiental del Instituto Tecnológico de Costa Rica. El instrumento tiene como objetivo recolectar información relevante sobre el sistema de inyección y extracción de aire que se encuentra en la bodega del área de Recibo de una empresa de dispositivos médicos. Los datos recolectados serán utilizados de manera confidencial.

Complete las siguientes preguntas:

1. ¿El sistema de inyección y extracción de aire recibe mantenimiento de manera periódica?
 - a. Si
 - b. No
2. ¿Con qué frecuencia se realiza el mantenimiento?
3. ¿Quién realiza dicho mantenimiento?
4. ¿Existe algún mecanismo de alarma que informe cuando el caudal no es seguro?
5. ¿El sistema de extracción se encuentra bajo funcionamiento las 24 horas del día?
 - a. Si
 - b. No

6. ¿El aire extraído se expulsa a una atmósfera fuera del edificio?

Apéndice 4. Entrevista semi estructurada con el representante de EHS

Nombre:

Puesto:

Fecha:

Esta entrevista es parte de un proyecto para el curso Trabajo Final de Graduación de la Escuela Ingeniería en Seguridad Laboral e Higiene Ambiental del Instituto Tecnológico de Costa Rica. El instrumento tiene como objetivo recolectar información relevante sobre la gestión del riesgo asociado a las baterías de ácido sulfúrico y plomo del área de Recibo de una empresa de dispositivos médicos. Los datos recolectados serán utilizados de manera confidencial.

Complete las siguientes preguntas:

1. ¿Anteriormente se han realizado estudios sobre los riesgos a los que se expone el personal durante el almacenamiento e intercambio de las baterías de ácido sulfúrico y plomo?
2. ¿Cómo se le ha informado al personal sobre los riesgos a los que se exponen durante la manipulación de las baterías?
3. ¿Cuáles han sido los esfuerzos realizados por el departamento de EHS para gestionar los riesgos asociados al almacenamiento e intercambio de las baterías de ácido sulfúrico y plomo?

4. ¿Existe algún presupuesto destinado para la gestión de los riesgos asociados al almacenamiento e intercambio de las baterías de ácido sulfúrico y plomo en el área de Recibo? ¿de cuánto es el presupuesto?
5. ¿Cuáles departamentos considera que deben involucrarse para gestionar los riesgos asociados al almacenamiento e intercambio de las baterías de ácido sulfúrico y plomo?

Apéndice 5. Matriz del alcance de la documentación interna

Número de documento	Nombre del documento	¿El almacenamiento, la manipulación o el intercambio de la batería se considera dentro del documento?		¿Se cumple lo establecido por el documento?		Observación
		Si	No	Si	No	
D000621424	Matriz de identificación de peligros y evaluación de riesgos					
D000598794	Evaluación de riesgos y oportunidades para la SST y la gestión de la SST					
D000180415	Investigación de incidentes					
D000631771	Matriz de riesgos y oportunidades para SGI					
D000605178	Normas generales de ambiente, salud y seguridad					
D000646567	Procedimiento para el control del equipo de protección personal (EPP)					
D000642339	Requisitos de seguridad para máquinas, fixtures y equipos					
D000428015	Metodología para ejecutar evaluaciones y rotaciones ergonómicas					
D000293517	Seguridad general en bodega de recibo y shipping					
D000387267	Plan de emergencias de de Costa Rica SRL					
QD001000882	Form, EHS Equipment Installation Assessment					

D000647179	Requisitos básicos de salud, seguridad y ambiente fuera de áreas productivas					
D000892183	Monitoreo de agentes físicos y químicos					
D000642330	Programa Vigilancia Médica					
D000185060	Procedimiento Manipulación Manual y levantamiento de cargas					
102-0300.60	Formulario, Lista de Equipos Críticos Costa Rica					
D000439294	Uso seguro de equipos para movilización, elevación y almacenamiento de cargas pesadas					

Apéndice 6. Lista de verificación para la ubicación de la carga/almacenamiento de las baterías basada en la UNE-EN 62485-3:2015.

Aspecto de verificación	Cumplimiento		Observación
	Si	No	
Las aberturas de entrada y salida están en paredes opuestas			
¿Hay 0.5 m alrededor de las baterías libres de llamas, descargas electroestáticas, arcos u objetos incandescentes?			
¿El área dispone de una fuente de agua limpia para quitar el electrolito del cuerpo y ojos en caso de que haya derrames?			
¿El área esta provista de materiales absorbentes y neutralizantes en caso de derrame de electrolito?			
¿Los contenedores de las baterías son resistentes a efectos nocivos de las fugas o derrames de electrolito (corrosión)?			
¿El área de carga está delimitado por un marcador claramente visible?			
¿El revestimiento del suelo es resistente a los ácidos?			
¿El área de carga esta adecuadamente distanciado de materiales explosivos o inflamables?			
¿El área está libre de fuentes de ignición (chispas o fuentes de temperatura alta)?			
¿El área de carga tiene 0.8 m libres a cada lado?			
¿El área está libre de sufrir caídas de objetos, gotero de agua u otros líquidos que procedan de tuberías con gas?			
¿El área esta provista de las siguientes etiquetas de seguridad? - Utilizar ropa y gafas de protección (señal de orden) -Tensión peligrosa cuando se superen los 60 V (señal de aviso) -Prohibir de entrar con una llama (señal de aviso) -Electrolito altamente corrosivo (señal de aviso)			

<p>¿El área esta provista de las siguientes etiquetas de identificación?</p> <ul style="list-style-type: none">-Nombre del fabricante de la batería o proveedor-Tipo de batería-Número de serie de batería-Tensión nominal de la batería (en el interior de una unidad de batería)-Capacidad de la batería con características temporales			
---	--	--	--

Apéndice 7. Lista de verificación basada en NFPA 1, NFPA 855

Aspecto de verificación		Cumplimiento			Observación
		Si	No	N/A	
Almacenamiento de combustible	Los materiales combustibles (no relacionados con el SEE) están almacenados en área diferentes a las baterías				
	Los materiales combustibles (relacionados al SEE) se almacenan a más de 0.9 m del equipo del SEE				
Medio ambiente.	La temperatura, la humedad y otras condiciones ambientales en las que se encuentra un SEE se mantiene de conformidad las especificaciones del fabricante				
	El SEE está protegido contra la entrada no autorizada				
Señalización	La señalización incluye la siguiente información (1)"Sistemas de almacenamiento de energía" con símbolo de rayo en un triángulo (2)Tipo de tecnología asociada a la ESS (3)Peligros especiales asociados según se identifica en los Capítulos 9 a 15 de NFPA 855 (4)Tipo de sistema de supresión instalado en la zona del ESS (5)Información de contacto de emergencia				
	La señalización se proporciona en los siguientes lugares (1)En el frente de las puertas de las habitaciones o áreas que contienen ESS o en lugares aprobados cerca de las entradas a las habitaciones de ESS (2)En el frente de las puertas de los contenedores ESS ocupables al aire libre				
Protección contra impactos	El SEE se ubicará o protegerá para evitar daños físicos por impacto				
Medios de egreso	Las cerraduras permiten el escape libre del interior del edificio				
	Cada salida es claramente visible y la ruta para llegar a cada salida esta visiblemente indicada				
	El material combustible no se almacena en las salidas				
	Los medios de salida se mantienen continuamente libres de obstrucciones o impedimentos				
	El camino de salida es obvio y directo				
	Las puertas de los medios de salida se pueden balancear desde cualquier posición hasta el ancho total				
	La fuerza necesaria para desbloquear la hoja de la puerta no supera los 67 N				
	El mecanismo de liberación de las cerraduras se encuentra a no menos de 0.86 m sobre el piso				
	La capacidad total del medio de salida es suficiente para la carga ocupante del mismo				

	El ancho del medio de salida es igual o mayor a 0.71 m				
	El número de medios de salida es igual o mayor a 2				
	Las salidas son fácilmente accesibles en todo momento				
	Las salidas terminan directamente, en una vía pública o en una descarga de salida exterior				
Iluminación de los medios de salida	Las puertas de salida requeridas deberán estar provistas de iluminación de emergencia según lo exija el código de construcción local				
	La iluminación de los medios de salida es continua				
Ventilación.	La ventilación mecánica de escape proporciona una velocidad mínima de 1 1 pie ³ /min/ft ²				
	La ventilación mecánica de escape es continua o se encuentra activada por un sistema de detección de gases				
Detección de humo	El área esta provista de un sistema de detección de humo e incendios				
Rociadores	El área esta provista de un sistema de rociadores				
Tamaño y separación	Cada batería esta espaciada un mínimo de 0.9 m de otras baterías y paredes				
Neutralización.	Se proporciona un método para neutralizar los derramos de SEE con electrolito de flujo libre				
	El método es capaz de neutralizar un derrame de la batería más grande a un pH entre 5,0 - 9,0				
Tapas de seguridad	Las baterías están provistas de tapas de seguridad anti-flama				

Apéndice 8. Bitácora de observación no participativa

Fecha	
Responsable:	
Lugar de observación:	
Variable	Observación
Alto del local (m)	
Largo del local (m)	
Ancho del local (m)	
Volumen del local (m3)	
Tipo de ventilación	
Cantidad de conductos de extracción	
Cantidad de conductos de inyección	

Apéndice 9. Matriz resumen basada en las fichas de datos de seguridad sobre las características fisicoquímicas de los componentes de las baterías de ácido sulfúrico y plomo

Características fisicoquímicas de los componentes de las baterías de ácido sulfúrico y plomo					
Componente	Plomo	Antimonio	Ácido sulfúrico	Water	Arsénico
Número CAS					
Propiedades físicas					
Presión de vapor					
Temperatura de la presión de vapor					
Indicaciones de peligro					
Consejos de prudencia					
Pictogramas SGI					
Palabra de advertencia					
Número ONU					

Apéndice 10. Lista de verificación de la INTE/ISO 11228-2:2019

Aspecto de verificación	Cumplimiento		Observación
	Si	No	
¿Existen movimientos muy acelerados para iniciar, detener o maniobra la carga?			
¿Existen manijas/acoples por fuera del intervalo de altura vertical de la cadera al codo de la población de usuarios?			
¿La carga no tiene buenas manijas/acoples?			
¿La carga es inestable?			
¿Se encuentra restringida la visión sobre/alrededor de la carga?			
¿La carga excede la capacidad nominal de las ruedas/rodines?			
¿La superficie del suelo se encuentra en malas condiciones o crea problemas para la operación de las ruedas/rodines /las ruedas?			
¿Las ruedas/rodines giratorios son inadecuados/inapropiados para la adecuada maniobrabilidad?			
¿Son necesarios frenos para detener de manera segura el movimiento de la carga? (Si hay frenos - no presentan riesgo)			
¿Existen espacios confinados / pasillos angostos?			
¿Existe espacio inadecuado para girar / maniobrar?			
¿Existen una o más restricciones en la postura / posicionamiento corporal?			
¿Existen pisos irregulares / deteriorados /resbalosos?			
¿Existen rampas /pendientes /superficies desniveladas?			
¿Existen peligros de tropiezo?			
¿Existen deficientes condiciones de iluminación?			
¿Existen condiciones de calor/frío/humedad?			
¿Existen fuertes movimientos de aire?			
¿La labor requiere capacidades inusuales?			

¿La labor representa peligro para personas con algún problema de salud?			
¿La labor demanda información/capacitación especial?			
¿El movimiento se ve entorpecido por la ropa o el equipo protector personal?			
¿Existe deficiente mantenimiento/limpieza de carritos/carretillas/superficies del piso?			
¿Existe deficiente conciencia general de los procedimientos de operación /mantenimiento?			

Apéndice 11. Bitácora de muestreo de la fuerza ejercida

Fecha	Persona evaluada:				
Responsable:	Área:				
Descripción del movimiento	Tipo de fuerza	Distancia de recorrido (m)	Altura	Fuerza ejercida (kg)	
	Tiro de la batería desde el montacargas hacia el carrito	Inicial			
		Sostenida			
Batería del montacargas hacia el cargador	Tiro del carrito hacia la puerta de la bodega	Inicial			
		Sostenida			
	Tiro del carrito para alinear la batería al cargador	Inicial			
		Sostenida			
	Tiro de una polea para subir la batería al cargador	Inicial			
		Sostenida			
Batería del cargador hacia el montacargas	Tiro de la batería desde el cargador hacia la carretilla	Inicial			
		Sostenida			
	Tiro del carrito hacia la puerta de salida de la bodega	Inicial			
		Sostenida			
	Tiro de una cinta para mover la batería desde el carrito hacia el montacargas	Inicial			
		Sostenida			

Apéndice 12. Identificación de peligros de la bodega del área de Recibo

Unidad de negocio	Actividad por realizar	Rutinario (Si o No)	Peligro		Efectos posibles
	Actividades		Clasificación	Descripción	
Bodega de recibo	Intercambio de baterías del montacargas	Sí	Biomecánico	Manipulación manual de cargas	Lesión musculoesquelética
Bodega de recibo	Almacenamiento de baterías de montacargas	Sí	Químico	Gases y vapores	Explosión
Bodega de recibo	Almacenamiento de residuos químicos	Sí	Químico	Gases y vapores	Incendio
Bodega de recibo	Intercambio de baterías del montacargas	Sí	De seguridad	Mecánico	Golpe
Bodega de recibo	Intercambio de baterías del montacargas	Sí	De seguridad	Mecánico	Atrapamiento
Bodega de recibo	Intercambio de baterías del montacargas	Sí	Químico	Gases y vapores	Irritación ocular Irritación respiratoria Irritación dérmicas Alergia y salpicaduras.
Bodega de recibo	Movimiento de cilindros de gases comprimidos	Sí	Biomecánico	Manipulación manual de cargas	Lesión musculoesquelética
Bodega de recibo	Manipulación de residuos químicos	Sí	Químico	Gases y vapores	Afectación a las vías respiratorias Dolores de cabeza Mareos Irritación ocular
Bodega de recibo	Movimiento de cilindros de gases comprimidos	Sí	Químico	Gases y vapores	Afectación a las vías respiratorias Dolores de cabeza Mareos Irritación ocular

Bodega de recibo	Movimiento de cilindros de gases comprimidos	Sí	De seguridad	Mecánico	Golpe
Bodega de recibo	Movimiento de cilindros de gases comprimidos	Sí	De seguridad	Mecánico	Majonazos
Bodega de recibo	Almacenamiento de cilindros de gas comprimido	Sí	Químico	Gases vapores y	Explosión
Bodega de recibo	Almacenamiento de cilindros de gas comprimido	Sí	De seguridad	Locativo	Caída libre o proyección del cilindro

Apéndice 13. Características fisicoquímicas de los componentes de las baterías de ácido sulfúrico y plomo

Características fisicoquímicas de los componentes de las baterías de ácido sulfúrico y plomo

Componente	Plomo y compuestos de plomo	Antimonio	Ácido sulfúrico	Agua	Arsénico	Sulfato de plomo
Número CAS	7439 - 92 - 1	7440 - 36 - 0	7664 - 93 - 9	7732 - 18 - 5	7440 - 38 - 2	7446-14-2
Propiedades físicas	Sólido	Sólido	Líquido	Líquido	Líquido	Sólido
Presión de vapor	N/A	N/A	0,01 Pa a	No disponible	2300 Pa	N/A
Temperatura de la presión de vapor	N/A	N/A	20	No disponible	20	N/A
Indicaciones de peligro	H340 H350 H360 H370	H351 H373	H290 H314	No disponible	H350 H410 H301 + H331	H302 + H332 H360DF H373 H410
Consejos de prudencia	P201 P260 P264 P270 P308 + P313 P501	P201 P280 P308 + P313	P234 P280 P301 + P330 + P331 P303 + P361 + P353 P304 + P340 + P310 P305 + P351 + P338	No disponible	P264 P301 + P310 P304 + P340 P311 P280	P273 P280 P304 + P340 P308 + P313 P330

Pictogramas SGI	Cancerígeno, mutágeno	Cancerígeno, mutágeno	Corrosivo	No disponible	Cancerígeno, mutágeno Iritación al inhalar	Cancerígeno, mutágeno Iritación al inhalar
Palabra de advertencia	Peligro	Atención	Peligro	No disponible	Peligro	Peligro
Número ONU	No disponible	UN2871	1830	No disponible	1558	UN 3077

Apéndice 14. Revisión de la documentación interna

Número de documento	Nombre del documento	¿El almacenamiento, la manipulación o el intercambio de la batería se considera dentro del documento?		¿Se cumple lo establecido por el documento?		Observación
		Si	No	Si	No	
D000621424	Matriz de identificación de peligros y evaluación de riesgos	x		N/A		Identifica riesgos ergonómicos asociados a las baterías, sin embargo, no identifica riesgos asociados al almacenamiento.
D000598794	Evaluación de riesgos y oportunidades para la SST y la gestión de la SST	x		N/A		EHS es responsable de determinar los peligros cada 12 meses. Dichos peligros deben quedar identificados en el D000621424
D000180415	Investigación de incidentes	x		x		
D000631771	Matriz de riesgos y oportunidades para SGI		x	N/A		
D000605178	Normas generales de ambiente, salud y seguridad	x		x		Indica dar aviso de condiciones inseguras. En caso de emergencia como derrame de químico, llamar a brigada
D000646567	Procedimiento para el control del equipo de protección personal (EPP)	x			x	Indica que el colaborador utiliza el EPP siempre que sea requerido como parte de los controles operacionales para eliminar peligros o reducir riesgos asociados a su trabajo.
D000642339	Requisitos de seguridad para máquinas, fixtures y equipos	x			x	El proceso no cumple con los requerimientos
D000428015	Metodología para ejecutar evaluaciones y rotaciones ergonómicas	x		x		No hay indicaciones sobre las acciones de corrección
D000293517	Seguridad general en bodega de recibo y shipping		x	N/A		No hay nada sobre las baterías

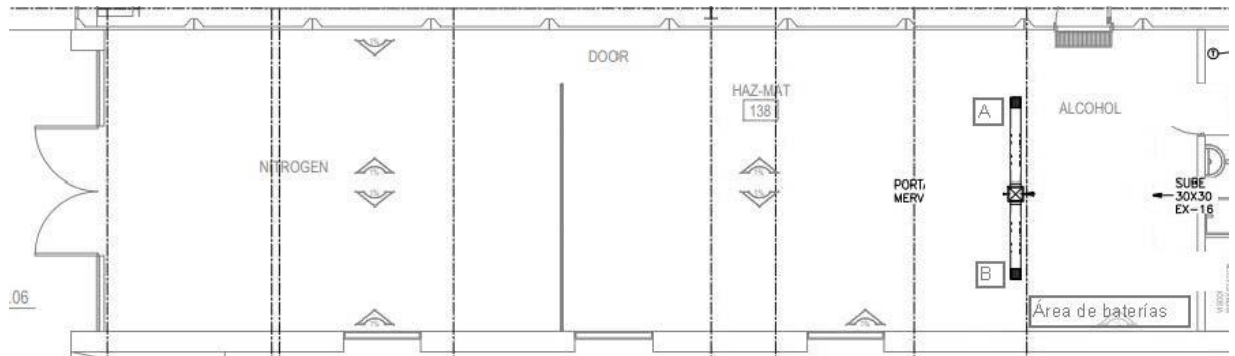
D000387267	Plan de emergencias de de Costa Rica SRL	x			x	Se indica que para emisiones e inmisiones peligrosas e incendio o explosión: 1. Mantenimiento del sistema de ventilación y suministro de aire 2. Sistemas de extracción localizada 1. Programa de Mantenimiento Preventivo de los Equipos. 2. Gabinetes certificados NFPA 30 3. Sistema de protección activa/pasiva
QD001000882	Form, EHS Equipment Installation Assessment	x			x	No hay registro del EHS Equipment Installation Assessment de las baterías
D000647179	Requisitos básicos de salud, seguridad y ambiente fuera de áreas productivas	x			x	Indica que en toda área donde se utilicen productos químicos líquidos debe tener un kit antiderrame Todas las estaciones deben tener implementos de ergonomía según lo requerido y evaluado por parte de EHSA la hora de la instalación, todo lo nuevo que pueda tener repercusión sobre la salud y seguridad de los trabajadores y medio ambiente se debe ejecutar con un EHS Assessment
D000892183	Monitoreo de agentes físicos y químicos	x			x	Indica que el Departamento de EHS realiza análisis de inmisiones de productos. Estas mediciones pueden ser del tipo ambiental u ocupacional. químicos en las áreas donde estos se utilicen Los análisis se realizan al menos una vez al año de acuerdo con los criterios de priorización del Departamento de EHS
D000642330	Programa Vigilancia Médica		x		N/A	El documento no incluye nada asociado a manejo manual de materiales. Los operarios no se incluyen dentro de la

						población a estudiar por exposición a químicos.
D000185060	Procedimiento Manipulación Manual y levantamiento de cargas		x		N/A	No se considera manipulación manual de cargas por tirar y empujar
102-0300.60	Formulario, Lista de Equipos Críticos Costa Rica	x			x	Es un equipo crítico, pero no se gestiona como tal
D000439294	Uso seguro de equipos para movilización, elevación y almacenamiento de cargas pesadas	x			x	Indica EPP: Lentes de seguridad, delantal y guantes; para las actividades de cambio de batería. Las instalaciones deben estar dotadas de sistema para extinción de incendios y extracción de gases que puedan desprenderse de las baterías.

Apéndice 15. Bitácora de muestreo de la fuerza ejercida

Fecha		
Responsable:		
Trabajador evaluado		
Movimiento	Fuerza inicial (N)	Fuerza sostenida (N)
Promedio		

Apéndice 16. Ubicación del sistema de extracción actual.



Nota. Por empresa de dispositivos médicos, comunicado personal, 2022.

Apéndice 17. Lista de verificación para la validación de las propuestas.

Norma de referencia	Aspecto de verificación		Cumplimiento		Observación
			Si	No	
NFPA 1, NFPA 855	Barreras contra incendios.	Las habitaciones o espacios que contengan ESS estarán separados de otras áreas del edificio por barreras contra incendios con una clasificación mínima de resistencia al fuego de 2 horas y conjuntos horizontales con una clasificación mínima de resistencia al fuego de 2 horas, construidos de acuerdo con el código de construcción local.	x		
NFPA 1, NFPA 855	Detección de humo e incendios.	Las zonas que contengan sistemas SEE ubicadas dentro de edificios o estructuras estarán provistas de un sistema de detección de humo o de detección de energía radiante de conformidad con la sección 4.8, a menos que se modifique en el presente capítulo.	x		
NFPA 1, NFPA 855	Detección de humo e incendios.	Las señales de alarma de los sistemas de detección se transmitirán a una estación supervisora de conformidad con <i>NFPA 72</i>		x	
UNE-EN 62485-3:2015	Fuentes de ignición y sustancias inflamables	¿Hay 0.5 m alrededor de las baterías libres de llamas, descargas electroestáticas, arcos u objetos incandescentes?	x		
UNE-EN 62485-3:2015	Fuentes de ignición y sustancias inflamables	¿El área de carga esta adecuadamente distanciado de materiales explosivos o inflamables?	x		
UNE-EN 62485-3:2015	Fuentes de ignición y sustancias inflamables	¿El área está libre de fuentes de ignición (chispas o fuentes de temperatura alta?	x		Solo los cargadores y las mismas baterías
NFPA 1, NFPA 855	Fuentes de ignición y sustancias inflamables	Los materiales combustibles (no relacionados con el SEE) están almacenados en área diferentes a las baterías	x		
NFPA 1, NFPA 855	Iluminación de los medios de salida	Las puertas de salida requeridas deberán estar provistas de iluminación de emergencia según lo exija el código de construcción local	x		
NFPA 1, NFPA 855	Iluminación de los medios de salida	La iluminación de los medios de salida es continua	x		
NFPA 1, NFPA 855	Medios de egreso	Las cerraduras permites el escape libre del interior del edificio	x		

NFPA 1, NFPA 855	Medios de egreso	Cada salida es claramente visible y la ruta para llegar a cada salida esta visiblemente indicada	x		
NFPA 1, NFPA 855	Medios de egreso	El material combustible no se almacena en las salidas	x		
NFPA 1, NFPA 855	Medios de egreso	Los medios de salida se mantienen continuamente libres de obstrucciones o impedimentos	x		
NFPA 1, NFPA 855	Medios de egreso	El camino de salida es obvio y directo	x		
NFPA 1, NFPA 855	Medios de egreso	Las puertas de los medios de salida se puede balancear desde cualquier posición hasta el ancho total	x		
NFPA 1, NFPA 855	Medios de egreso	La capacidad total del medio de salida es suficiente para la carga ocupante del mismo	x		
NFPA 1, NFPA 855	Medios de egreso	El ancho del medio de salida es igual o mayor a 0.71 m	x		
NFPA 1, NFPA 855	Medios de egreso	El número de medios de salida es igual o mayor a 2	x		
NFPA 1, NFPA 855	Medios de egreso	Las salidas son fácilmente accesibles en todo momento	x		
NFPA 1, NFPA 855	Medios de egreso	Las salidas terminan directamente, en una vía pública o en una descarga de salida exterior	x		
NFPA 1, NFPA 855	Medios de egreso	Ningún mobiliario, decoración u otro objeto obstruye las salidas o su acceso a las mismas, la salida de las mismas o la visibilidad de las mismas	x		
NFPA 1, NFPA 855	Medios de egreso	Las hojas de las puertas que deban ser del tipo con bisagras laterales o pivotantes oscilarán en la dirección del recorrido de salida	X		
NFPA 1, NFPA 855	Medios de egreso	El ancho del acceso de salida no es inferior a 18 pulgadas (455 mm), a una altura de 38 pulgadas (965 mm) y no inferior a 28 pulgadas (710 mm) por encima de una altura de 38 pulgadas (965 mm).	X		

NFPA 1, NFPA 855	Medios de egreso	Cuando se requieran dos salidas, accesos de salida o descargas de salida, se ubicarán a una distancia entre sí no inferior a la mitad de la longitud de la dimensión diagonal total máxima del edificio o área que se vaya a servir, medida en línea recta entre el borde más cercano de las salidas, los accesos de salida o las descargas de salida. a menos que se disponga lo contrario en	x		
UNE-EN 62485-3:2015	Neutralización.	¿El área esta provista de materiales absorbentes y neutralizantes en caso de derrame de electrolito?	x		
NFPA 1, NFPA 855	Neutralización.	Se proporciona un método para neutralizar los derramos de SEE con electrolito de flujo libre	x		
UNE-EN 62485-3:2015	Neutralización.	El método es capaz de neutralizar un derrame de la batería más grande a un pH entre 5,0 - 9,0	x		
UNE-EN 62485-3:2015	Otros	¿Los contenedores de las baterías son resistentes a efectos nocivos de las fugas o derrames de electrolito (corrosión)?		x	
UNE-EN 62485-3:2015	Otros	¿El área de carga está delimitado por un marcador claramente visible?	x		
UNE-EN 62485-3:2015	Otros	¿El revestimiento del suelo es resistente a los ácidos?	x		
UNE-EN 62485-3:2015	Otros	¿El área de carga tiene 0.8 m libres a cada lado?	x		
UNE-EN 62485-3:2015	Otros	¿El área está libre de sufrir caídas de objetos, gotero de agua u otros líquidos que procedan de tuberías con gas?	x		
NFPA 1, NFPA 855	Otros	El SEE está protegido contra la entrada no autorizada	x		
NFPA 1, NFPA 855	Otros	Cada batería esta espaciada un mínimo de 0.9 m de otras baterías y paredes		x	
NFPA 1, NFPA 855	Señalización	La señalización incluye la siguiente información (1)"Sistemas de almacenamiento de energía" con símbolo de rayo en un triángulo (2)Tipo de tecnología asociada a la ESS (3)Peligros especiales asociados según se identifica en los Capítulos 9 a 15 de NFPA 855 (4)Tipo de sistema de supresión instalado en la zona del ESS (5)Información de contacto de emergencia	x		

NFPA 1, NFPA 855	Señalización	La señalización se proporciona en los siguientes lugares (1)En el frente de las puertas de las habitaciones o áreas que contienen ESS o en lugares aprobados cerca de las entradas a las habitaciones de ESS (2)En el frente de las puertas de los contenedores ESS ocupables al aire libre	x		
UNE-EN 62485- 3:2015	Señalización	¿El área está provista de las siguientes etiquetas de seguridad? - Utilizar ropa y gafas de protección (señal de orden) - Tensión peligrosa cuando se superen los 60 V (señal de aviso) - Prohibir de entrar con una llama (señal de aviso) - Electrolito altamente corrosivo (señal de aviso)	x		
UNE-EN 62485- 3:2015	Señalización	¿El área está provista de las siguientes etiquetas de identificación? - Nombre del fabricante de la batería o proveedor - Tipo de batería - Número de serie de batería - Tensión nominal de la batería (en el interior de una unidad de batería) - Capacidad de la batería con características temporales	x		
UNE-EN 62485- 3:2015	Suministro de agua.	¿El área dispone de una fuente de agua limpia para quitar el electrolito del cuerpo y ojos en caso de que haya derrames?	x		
NFPA 1, NFPA 855	Suministro de agua.	Los emplazamientos en los que se instalen ESS no mecánicos deberán estar provistos de una fuente permanente de agua para la protección contra incendios de conformidad con el punto 4.9.4, a menos que se modifique en el presente capítulo.	x		
NFPA 1, NFPA 855	Ventilación.	La ventilación mecánica de escape proporciona una velocidad mínima de 0.66 m ³ /s	x		
NFPA 1, NFPA 855	Ventilación.	La ventilación mecánica de escape es continua o se encuentra activada por un sistema de detección de gases		x	
INTE/ISO 11228- 2:2019	Factores de riesgo ergonómico	¿Existen movimientos muy acelerados para iniciar, detener o maniobrar la carga?		x	
INTE/ISO 11228- 2:2019	Factores de riesgo ergonómico	¿Existen manijas/acoples por fuera del intervalo de altura vertical de la cadera al codo de la población de usuarios?		x	
INTE/ISO 11228- 2:2019	Factores de riesgo ergonómico	¿La carga no tiene buenas manijas/acoples?		x	
INTE/ISO 11228- 2:2019	Factores de riesgo ergonómico	¿La carga es inestable?		x	

INTE/ISO 11228- 2:2019	Factores de riesgo ergonómico	¿Se encuentra restringida la visión sobre/alrededor de la carga?		x	
INTE/ISO 11228- 2:2019	Factores de riesgo ergonómico	¿La carga excede la capacidad nominal de las ruedas/rodines?		x	
INTE/ISO 11228- 2:2019	Factores de riesgo ergonómico	¿La superficie del suelo se encuentra en malas condiciones o crea problemas para la operación de las ruedas/rodines /las ruedas?		x	
INTE/ISO 11228- 2:2019	Factores de riesgo ergonómico	¿Las ruedas/rodines giratorios son inadecuados/inapropiados para la adecuada maniobrabilidad?		x	
INTE/ISO 11228- 2:2019	Factores de riesgo ergonómico	¿Son necesarios frenos para detener de manera segura el movimiento de la carga? (si hay frenos - no presentan riesgo)		x	
INTE/ISO 11228- 2:2019	Factores de riesgo ergonómico	¿Existen espacios confinados / pasillos angostos?		x	
INTE/ISO 11228- 2:2019	Factores de riesgo ergonómico	¿Existe espacio inadecuado para girar / maniobrar?		x	
INTE/ISO 11228- 2:2019	Factores de riesgo ergonómico	¿Existen una o más restricciones en la postura / posicionamiento corporal?		x	
INTE/ISO 11228- 2:2019	Factores de riesgo ergonómico	¿Existen pisos irregulares / deteriorados /resbalosos?		x	
INTE/ISO 11228- 2:2019	Factores de riesgo ergonómico	¿Existen rampas /pendientes /superficies desniveladas?		x	
INTE/ISO 11228- 2:2019	Factores de riesgo ergonómico	¿Existen peligros de tropiezo?		x	
INTE/ISO 11228- 2:2019	Factores de riesgo ergonómico	¿Existen fuertes movimientos de aire?		x	
INTE/ISO 11228- 2:2019	Factores de riesgo ergonómico	¿La labor requiere capacidades inusuales?		x	
INTE/ISO 11228- 2:2019	Factores de riesgo ergonómico	¿La labor representa peligro para personas con algún problema de salud?		x	
INTE/ISO 11228- 2:2019	Factores de riesgo ergonómico	¿El movimiento se ve entorpecido por la ropa o el equipo protector personal?		x	

INTE/ISO 11228- 2:2019	Factores de riesgo ergonómico	¿Existe deficiente mantenimiento/limpieza de carritos/carretillas/superficies del piso?		x	
INTE/ISO 11228- 2:2019	Factores de riesgo ergonómico	¿Existe deficiente conciencia general de los procedimientos de operación /mantenimiento?		x	