

# **UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ**

**Colegio de Ciencias e Ingenierías**

**Seguridad dentro de la planta. Análisis Integral de Riesgos Físicos: (ruido, temperatura, humedad y luz), mediante el Desarrollo de un Plan de Acción para la Mejora de la Seguridad Industrial en una Planta Recicladora**

**Mathew Nicolas Vélez Medranda  
José Ignacio Castro Vergara  
Diego Josué Aldás Reinoso**

**Ingeniería Industrial**

**Trabajo de fin de carrera presentado como requisito  
para la obtención del título de  
Ingeniero Industrial**

**Quito, 15 de diciembre 2023**

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ

**Colegio de Ciencias e Ingenierías**

**HOJA DE CALIFICACIÓN  
DE TRABAJO DE FIN DE CARRERA**

Seguridad dentro de la planta. Análisis Integral de Riesgos Físicos: (ruido, temperatura, humedad y luz), mediante el Desarrollo de un Plan de Acción para la Mejora de la Seguridad Industrial en una Planta Recicladora

**Mathew Nicolás Vélez Medranda**

**Jose Ignacio Castro Vergara**

**Diego Josué Aldás Reinoso**

**Ingeniería Industrial**

**Nombre del profesor, Título académico**

**Pablo Dávila, Ph.D.**

Quito, 15 de diciembre de 2023

## © DERECHOS DE AUTOR

Por medio del presente documento certifico que he leído todas las Políticas y Manuales de la Universidad San Francisco de Quito USFQ, incluyendo la Política de Propiedad Intelectual USFQ, y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo quedan sujetos a lo dispuesto en esas Políticas.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en la Ley Orgánica de Educación Superior del Ecuador.

Nombres y apellidos: Mathew Nicolás Vélez Medranda

Código: 00212835

Cédula de identidad: 131238455-3

Nombres y apellidos: José Ignacio Castro Vergara

Código: 211454

Cédula de identidad: 1725801037

Nombres y apellidos: Diego Josué Aldás Reinoso

Código: 212532

Cédula de identidad: 1752953040

Lugar y fecha: Quito, 15 de 12 de 2023

## ACLARACIÓN PARA PUBLICACIÓN

**Nota:** El presente trabajo, en su totalidad o cualquiera de sus partes, no debe ser considerado como una publicación, incluso a pesar de estar disponible sin restricciones a través de un repositorio institucional. Esta declaración se alinea con las prácticas y recomendaciones presentadas por el Committee on Publication Ethics COPE descritas por Barbour et al. (2017) Discussion document on best practice for issues around theses publishing, disponible en <http://bit.ly/COPETHeses>.

## UNPUBLISHED DOCUMENT

**Note:** The following capstone project is available through Universidad San Francisco de Quito USFQ institutional repository. Nonetheless, this project – in whole or in part – should not be considered a publication. This statement follows the recommendations presented by the Committee on Publication Ethics COPE described by Barbour et al. (2017) Discussion document on best practice for issues around theses publishing available on <http://bit.ly/COPETHeses>.

## RESUMEN

En los últimos años, la seguridad industrial ha adquirido una relevancia primordial para las empresas ecuatorianas. En este contexto, el instituto de normalización ecuatoriano (o ponemos: la normativa) establece la obligación de las organizaciones de asumir la responsabilidad en la identificación, evaluación, y formulación de un plan de acción frente a riesgos laborales. Existen factores que repercuten en la salud de los operadores, entre ellos está la iluminación, el ruido, la temperatura y humedad, siendo estos los factores estudiados y analizar a profundidad en el presente proyecto dentro de áreas determinadas por una empresa textil dentro de su planta de reciclaje. El proyecto se divide por fases de la metodología DMAIC e involucra una identificación y valoración de riesgos inicial mediante la implementación de matrices RMPP, FMEA, IPER, RPN, además, se evaluó las condiciones de iluminación, temperatura, ruido y humedad mediante el método “croquis” o de cuadrícula, con el cual se evidenció señales de inconformidad en las variables medidas. Posteriormente, se desarrollan las propuestas de mejoras en conjunto con sus análisis financieros y estratégicos. Finalmente se presenta la propuesta de control de monitoreo de las implementaciones propuestas.

## PALABRAS CLAVE

**DMAIC:** Definir, medir, analizar, aplicar, controlar.

**Seguridad:** Aplicación de prácticas y medidas para prevenir accidentes, lesiones y enfermedades en el entorno laboral.

**Riesgos:** La probabilidad de que ocurra un evento no deseado o una pérdida.

**Iluminación:** Conjunto de técnicas y procesos destinados a proporcionar luz en un lugar determinado.

**Temperatura:** Medida de la intensidad del calor en un cuerpo o sustancia.

**Humedad:** Cantidad de vapor de agua presente en el aire.

**Planta:** Instalación dedicada a la producción a gran escala de productos mediante procesos industriales.

**Reciclaje:** Proceso de fabricación de nuevos productos a partir reutilización de materiales desechados

**Mitigar:** Reducción o atenuación de la gravedad, intensidad o impacto de un fenómeno o situación.

**RMPP:** Programa de prevención de riesgos.

**FMEA:** Análisis modal de fallos y efectos.

**RPN:** Número de prioridad del riesgo.

**Croquis:** Metodología de obtención de puntos de medición óptimo.

## ABSTRACT

In recent years, industrial safety has become of paramount importance for Ecuadorian companies. In this context, the Ecuadorian standardization institute (or shall we say: regulation) establishes the obligation of organizations to assume responsibility for the identification, evaluation, and formulation of an action plan for occupational hazards. There are factors that affect the health of operators, among them are lighting, noise, temperature and humidity, being these the factors studied and analyzed in depth in this project within areas determined by a textile company within its recycling plant. The project is divided by phases of the DMAIC methodology and involves an initial identification and risk assessment through the implementation of RMPP, FMEA, IPER, RPN matrices, in addition, the lighting, temperature, noise and humidity conditions were evaluated through the "sketch" or grid method, which showed signs of nonconformity in the measured variables. Subsequently, the improvement proposals are developed together with their financial and strategic analysis. Finally, the proposal for monitoring control of the proposed implementations is presented.

## KEY WORDS

**DMAIC:** Define, Measure, Analyse, Implement, Control

**Safety:** Application of practices and measures to prevent accidents, injuries and illnesses in the work environment.

**Risks:** The probability of an undesirable event or loss occurring.

**Lighting:** Set of techniques and processes intended to provide light in a given place.

**Temperature:** Measure of the intensity of heat in a body or substance.

**Humidity:** Amount of water vapor present in the air.

**Plant:** Facility dedicated to the large-scale production of products through industrial processes.

**Recycling:** The process of manufacturing new products from the reuse of discarded materials.

**Mitigate:** Reduction or attenuation of the severity, intensity or impact of a phenomenon or situation.

**RMPP:** Risk Management Prevention Program

**FMEA:** Failure Mode and Effect Analysis

**RPN:** Risk Priority Number

**Sketch:** Methodology for obtaining optimum measurement points

## Contenido

INTRODUCCIÓN .....	15
MARCO TEÓRICO.....	17
<b>Iluminación</b> .....	19
<b>Temperatura y Humedad</b> .....	20
<b>Ruido</b> .....	25
METODOLOGÍA .....	26
<b>Metodología utilizada</b> .....	26
DEFINIR.....	28
MEDIR.....	28
ANALIZAR .....	29
IMPLEMENTAR/ MEJORAR.....	30
CONTROL.....	30
CASO DE ESTUDIO .....	31
<b>Definir</b> .....	31
Fase 1: Seleccionar el Sistema o Proceso a Analizar.....	31
Fase 2: Construir un equipo de trabajo. ....	33
<b>Medir</b> .....	36
Fase 3: Toma de Datos.....	36
Fase 4: Identificar Modos de Falla Potenciales.....	48
<b>Analizar</b> .....	49
Fase 5: Calificaciones de Gravedad, Ocurrencia y .....	57
Fase 6: Índice de Riesgo (Risk Priority Number). ....	59
Fase 7: Matriz de Riesgo IPER. ....	62
Fase 8: Matriz RMPP (Priorización de Peligros y Riesgos): .....	63
<b>Implementar</b> .....	66
Acciones de Mitigación.....	66
Temperatura .....	67
Iluminación.....	75
Ruido .....	81
Cultura de Seguridad Industrial .....	88
<b>Control</b> .....	90
Conclusiones .....	93
Recomendaciones para estudios futuros .....	93

Limitaciones.....	94
Anexos .....	96
Referencias.....	97

## Índice de Tablas

Tabla 1: Rango de temperatura de extrusión dependiendo el tipo de plástico.....	23
Tabla 2. Asignación de puntos de medición ( $K > 2$ ).....	39
Tabla 3. Iluminación mínima y máxima en puntos de medición diurnos regulares de planta de moliendo y lavado.....	39
Tabla 4. Iluminación mínima y máxima en puntos de medición diurnos extras de planta la planta de moliendo y lavado .....	40
Tabla 5. Iluminación mínima y máxima en puntos de medición nocturnos regulares/extras de planta de descontaminación y peletizado.....	41
Tabla 6. Iluminación mínima y máxima en puntos de medición diurnos regulares/extras de planta de descontaminación y peletizado.....	41
Tabla 7. Iluminación mínima y máxima en puntos de medición diurnos regulares/extras de bodega de transición .....	42
Tabla 8. Iluminación mínima y máxima en puntos de medición nocturnos regulares/extras de bodega de transición .....	43
Tabla 10. Datos recolectados en puntos de medición regulares planta de moliendo y lavado	44
Tabla 11. Datos recolectados en puntos de medición extras planta DE MOLIENDA Y .....	45
Tabla 12. Datos recolectados en puntos de medición regulares y extras en planta de descontaminación y peletizado .....	45
Tabla 13. Datos recolectados en puntos de medición regulares y extras en bodega de transición.....	46
Tabla 14. Nivel de luminancia media por segmento de planta .....	50
Tabla 15. Uniformidad de luminancia .....	51
Tabla 16. Asignación de puntos de medición ( $K > 2$ ).....	51
Tabla 17. Tabla de límites de temperatura de la OSHA.....	52
Tabla 18. Temperatura y Humedad en puntos de medición regulares de planta DE MOLIENDA Y LAVADO .....	52
Tabla 19. Temperatura y humedad en puntos de medición extras de planta de molienda y lavado.....	53
Tabla 20. Temperatura y humedad en puntos de medición de planta de descontaminación y peletizado .....	54
Tabla 21. Temperatura y humedad en puntos de medición de bodega de transición.....	56
Tabla 22: Tabla de las calificaciones por modos de falla.....	58
Tabla 23: Tabla del valor de RPN .....	59
Tabla 24: Tabla del valor de RPN ordenado de mayor a menor .....	60

Tabla 25. Matriz de riesgos IPER .....	63
Tabla 26. Riesgos estratégicos de la empresa .....	64
Tabla 27: Matriz RMPP .....	65
Tabla 28: Costo del equipo y los costos de traslado y transporte aduanero.....	68
Tabla 29: Costos de instalación.....	69
Tabla 30: Beneficios de la implementación de bebederos reflejados en la producción diaria.	71
Tabla 31: Costo del equipo y los costos de traslado y transporte aduanero.....	73
Tabla 32: Beneficios de la implementación de dos equipos de aire acondicionado reflejados en la producción diaria.....	74
Tabla 33: Análisis financiero de implementación de pintura reflectante .....	76
Tabla 34: Análisis financiero luminarias LED industriales TR .....	80
Tabla 35: Análisis financiero de implementación de lámparas de escritorios .....	81
Tabla 36: Costos de instalación.....	83
Tabla 37: Beneficios de la colocación de señalética .....	83
Tabla 38: Beneficios de la implementación de rotación de turnos en la producción diaria.....	85
Tabla 39: Costos de instalación.....	86
Tabla 40: Beneficios de la implementación de cuartos de descanso en la producción diaria..	87
Tabla 40: Costos de elaboración del Cartel de Seguridad.....	89
Tabla 41: Resumen de sistema de monitoreo.....	91

## Índice de Figuras

Figura 2. Ubicación de sacos de resina en bodega de transición .....	33
Figura 3. Luxómetro utilizado para mediciones .....	34
Figura 4. Sonómetro utilizado para mediciones .....	35
Figura 5. Termohigrómetro utilizado para mediciones .....	36
Figura 6. Distribución de Layout de planta de moliendo y lavado incluyendo puntos de medición.....	37
Figura 7. Distribución del layout de planta de descontaminación y peletizado incluyendo puntos de medición .....	37
Figura 8. Distribución del layout bodega de transición incluyendo puntos de medición .....	38
Figura 9. Gráfico de Pareto de los campos de falla .....	49
Figura 10. Diagrama de Pescado para el tercer modo de falla más importante.....	62
Figura 11. Bebedero doble ELKAY .....	68
Figura 12. Layout de la planta descontaminación y paletizado con la ubicación del bebedero .....	70
Figura 13: Bebedero de agua mediante botellón.....	72
Figura 14: Aire Acondicionado RS-BX compacto horizontal techo.....	72
Figura 15: Layout de la planta descontaminación y paletizado con la ubicación de los dos aires acondicionados .....	74
Figura 16: Pintura Alumol .....	76
Figura 17. Luminaria LED INDUSTRIAL TR-HBG-150W 120 .....	77
Figura 18. Zoom de zona externa de la planta de moliendo y lavado .....	78
Figura 19. Zona de apertura de pacas - Vista externa en jornada nocturna .....	78
Figura 20: Layout de bodega de transición.....	79
Figura 21: Luminarias defectuosas en bodega de transición .....	79
Figura 22: Lampara de estudio hb-110740 57cm de altura negra con brazo movible + seguro ajustable color negro .....	81
Figura 23: Cartel de Fundamentos de Seguridad de Procesos.....	88
Figura 24: Cartel de Seguridad Industrial planta de Molienda y Lavado .....	90
Figura 25: Cartel de Seguridad Industrial planta de Descontaminación y Paletizado Y Bodega de Transición.....	90
Figura 26. Vista de Panel de indicadores (KPI's) .....	92



## INTRODUCCIÓN

La seguridad Industrial es de suma importancia para mantener un ambiente de trabajo ordenado y seguro. La investigación realizada en este proyecto brinda conceptos claves y herramientas necesarias para abarcar y resolver el problema de esta empresa de reciclaje. La gran mayoría de autores propone la metodología DMAIC como la más apropiada en este caso, ya que ayuda recopilar datos, analizarlos con herramientas precisas e implementar mejoras en un corto plazo. La seguridad dentro del campo laboral ecuatoriano no es un área que ha sido atendida, como podemos ver muestra el Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social (2021) que reportaron 656 accidentes y enfermedades profesionales en los últimos 5 años dentro de la industria textil. De acuerdo con Castaneda, la falta de concentración, la fatiga, el cansancio, el entumecimiento de manos, y la fatiga visual son efectos causados por la inadecuada cantidad de iluminación, temperatura, humedad, y ruido (2017). Las cifras y los resultados ponen de manifiesto por qué es clave profundizar en el origen de los riesgos, detectando los elementos que generan accidentes y enfermedades laborales. El objetivo es proteger el bienestar de los trabajadores, evitando pérdidas humanas y económicas, y frenando los posibles problemas legales derivados de incidentes y problemas de salud laboral (s.f, 2022). En la empresa recicladora se encontraron datos sin actualizar, los datos que se tenían databan de 2019 y los métodos de emergencia y control se consideraban obsoletos.

Adicional a lo listado, se encontraron problemas como la alta temperatura y humedad, altos niveles de ruido junto con la escasa iluminación. El objetivo de la investigación será, generar un plan de mitigación de riesgos en base a un análisis de seguridad industrial para la reducción de la probabilidad de un accidente en la empresa de reciclaje.

Dado el contexto previo, la empresa de reciclaje en la que se realizará el proyecto, autorizó la toma de datos y medidas dentro de las plantas de lavado y molienda,

descontaminación y peletizado, y la bodega de transición. En estas tres áreas se tomarán los datos de temperatura, humedad, ruido e iluminación; las tomas se realizarán con instrumentos profesionales y calibrados. Posterior a la toma de datos, se realizarán matrices de riesgo como IPER, RMPP y AMEF, para poder identificar las áreas con mayor riesgo y poder actuar de manera certera en el control de riesgos en esta planta. A partir de los riesgos identificados se realizarán implementaciones estratégicas que ayudarán a reducir la posibilidad de riesgo en la empresa, al a par de mejorar la satisfacción de los empleados y aumentar la productividad.

## MARCO TEÓRICO

El reciclaje ha sido una tendencia al alza desde que las personas comenzaron a tomar conciencia del gasto energético, de recursos y el efecto que tenía hacia el medio ambiente. Por ejemplo, la generación de plásticos de un solo uso como platos, utensilios y botellas PET ha ocasionado una cantidad importante de residuos de este tipo de plástico. El PET es uno de los plásticos más comunes utilizado en todo el mundo, particularmente para fabricar botellas de bebidas. Se estima que existen 54 mil toneladas de botellas PET que se descartan diariamente. Debido a ello, se ha visto la necesidad de tomar acciones para manejar las altas cantidades de material PET desechado, particularmente por la posibilidad de ser reciclado fácilmente, evitando así no solo que el material termine en sitios inapropiados como rellenos sanitarios, pero al mismo tiempo reduciendo la necesidad de uso de materias primas o materiales vírgenes. Se estima que el consumo de PET alcanzar los 30 millones de toneladas para el año 2030, lo cual lo convierte en un material que necesita ser reciclado de la mejor manera posible y en la mayor cantidad posible. A raíz de la mencionada necesidad de reciclaje de plásticos PET, se han construido plantas recicladoras de PET alrededor del mundo. Éstas se encargan de realizar el proceso de transformación de las botellas PET en material que pueda ser utilizado para la fabricación de materias primas que permitan la elaboración de nuevas botellas u otros materiales PET, esto incluye, desde la recolección y acopio de botellas, hasta la generación de escamas de PET molidas y lavadas que serán destinadas a nuevos productos. Como en cualquier planta industrial, las plantas recicladoras tienen riesgos laborales asociados a su operación, según Bravo (2011) los principales riesgos asociados a procesos de reciclaje de PET pueden relacionarse a exposición prolongada a altos niveles de ruido, cambios de temperatura (a veces abruptos), estos riesgos pueden tener

efectos en la salud y seguridad de los trabajadores y por lo tanto consecuencias a la productividad y eficacia de éstos.

El presente estudio se enfoca en analizar un número de riesgos identificados como críticos en la planta de reciclaje PET, localizada en Quito, Ecuador. La planta de reciclaje pertenece a la empresa productora de filamentos, misma que pertenece sector textil y se especializa en la fabricación de filamentos de poliéster (Fuentes et al., 2023). La planta de reciclaje es fundada en 1975 bajo el paraguas de la empresa productora de filamentos para incursionar en el mercado de resinas plásticas a partir del reciclaje de las botellas PET posconsumo. La planta de reciclaje consta de tres áreas distintas en el procesamiento de las botellas: la planta de moliendo y lavado, la planta de descontaminación y peletizado, y la bodega de transición, por las cuales atraviesan un aproximado de 50 toneladas de botellas plásticas mensuales. Luego de una inspección en la planta de reciclaje realizada en octubre, 2023, y conversaciones con el departamento de seguridad industrial (Fuentes et al., 2023) se comprobó que existen riesgos físicos y ambientales que incluyen problemas de iluminación inadecuada, exposición al ruido generado por maquinaria pesada, variaciones de temperatura y humedad adversas. De acuerdo con Bravo (2011), el ambiente laboral donde existen variaciones de temperatura y humedad, exposición a ruido e iluminación deficiente, pueden repercutir negativamente en la salud, el bienestar y el rendimiento, lo que se traduce en una menor productividad, un aumento de los errores humanos y un mayor riesgo de malestar físico o lesiones (E. Skilling et. al, 2016, p.272).

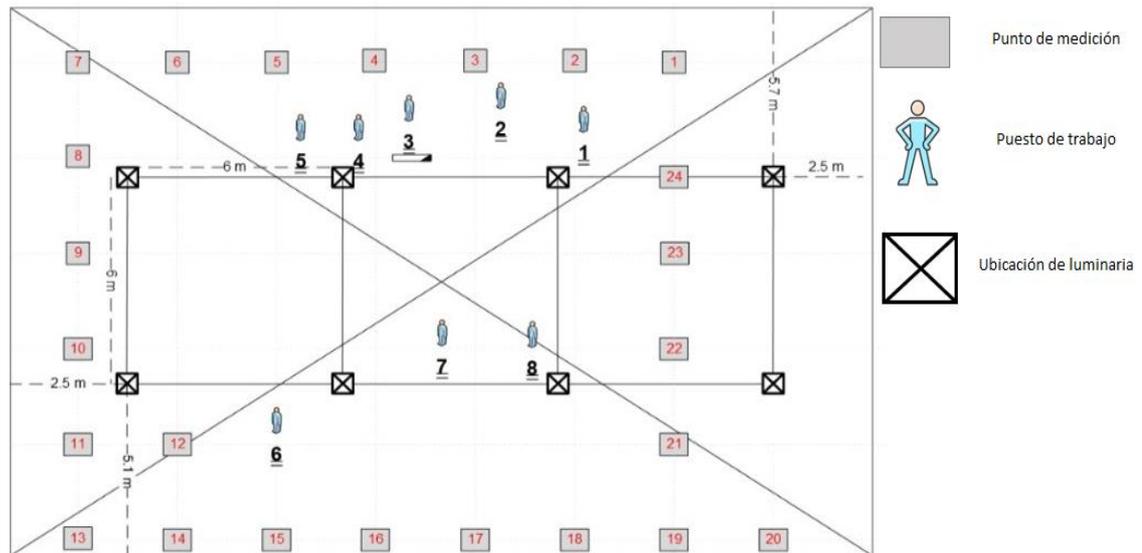
Los riesgos mencionados fueron localizados en tres áreas específicas de las instalaciones de la planta de reciclaje, como se documenta en el estudio de Fuentes et al., (2023). El presente estudio tiene como propósito realizar un levantamiento de información de los riesgos identificados, para posteriormente realizar un análisis que permita su

optimización a través de proponer alternativas de mejora de los riesgos presentes. Para detallar cada riesgo identificado en el presente trabajo, y la manera como éste se ha estudiado, se detallará cada uno de manera individual para posteriormente presentar las metodologías y herramientas usadas en su análisis y mejora.

### ***Iluminación***

Como establecen Galarraga y Narváez (2021), la iluminación se reconoce como un factor de gran relevancia en las condiciones laborales. La salud ocular de los operadores en varias empresas de reciclaje ha evidenciado un declive, atribuible a factores físicos (Niciejewska et al., 2020, p.34). Las condiciones de iluminación inadecuadas provocan a un esfuerzo visual excesivo por parte de los operadores (Galarraga & Narváez, 2021, p.3), lo que puede dar lugar a fatiga ocular, incrementando así las probabilidades de accidentes laborales en un 20.6% (P.Babović et al., 2009, p.21).

En una instalación de reciclaje, es importante que exista una iluminación adecuada debido al tipo de operación que se realiza, donde hay trabajo manual involucrado para poder separar y clasificar adecuadamente los diferentes tipos y colores de plásticos a ser reciclados. Esto debido a que, si se mezclan productos, se produce contaminación y una baja en la calidad del producto reciclado. En el presente proyecto, la normativa INEN NTE 1154 ha sido usada como guía principal para la gestión de la iluminación en entornos industriales de interior debido a que garantiza el cumplimiento normativo, asegurándose de que sus instalaciones cumplan con las normas nacionales ambientales y de seguridad ocupacional. Además, se considerarán las regulaciones emitidas por el Ministerio del Trabajo del Ecuador, en particular, el Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores y Mejoramiento del Medio Ambiente de Trabajo (2021), como parte integral de nuestro marco normativo ya que este es el régimen del cual se rige la planta de reciclaje.



**Figura 1. Distribución del layout de la planta de descontaminación y peletizado incluyendo puntos de medición**

### ***Temperatura y Humedad***

La temperatura y humedad son factores que pueden ocasionar problemas hacia el trabajador y la calidad del producto. Las consecuencias mencionadas por Wang, Chunhui (2017) contemplan Riesgo de Estrés por Calor, Golpes de Calor, Malestar, Fatiga y Disminución de la Productividad. Estos son algunos de los riesgos que sufre el trabajador al estar expuesto a una alta temperatura con un porcentaje de humedad alto. Esto ocurre ya que al cuerpo humano se le dificulta regular su temperatura interna mediante la evaporación del sudor, esto genera que el cuerpo se sobrecaliente lo que termina en deshidratación y todos los problemas antes mencionados. (p.7-10).

De igual manera, la alta temperatura y humedad afecta la calidad del producto.

Gabriel, Alberto (2022) profundiza más en este tema, aseverando que la principal consecuencia es el deterioro de los materiales, tales como, materias primas e insumos, ya que afectan su composición química. Además de la contaminación proveniente del moho causada por la humedad en el aire (p35-37). Esto afecta a la calidad del producto final.

Como ya es de su conocimiento, existen tres plantas en planta de reciclaje, sin embargo, la única que tiene una temperatura mayor a la recomendada por la OSHA (2022) es la planta de descontaminación y peletizado.

En esta planta se desarrolla el proceso de derretido de escamas. El proceso de derretido de escamas es de suma importancia para el objetivo de la planta ya que, es el cual, mediante la aplicación de calor, las escamas trituradas se transforman en pequeñas bolitas plásticas. Según A. Lopez (2017) La temperatura del proceso de derretido juega un factor importante en la calidad del producto ya que el tiempo de exposición, tendrá un gran impacto en el producto final, debido que, modificará las moléculas de plástico haciendo que se separen o se unan, generando mayor o menor suavidad del producto (p.3-5).

Para esto hay que tener en cuenta que la máquina para fundir las escamas de plástico es la extrusora, Wang Lijie (2017) comenta esto sobre la maquina “La extrusora de mezcla de alta temperatura es una máquina de utilidad que se puede usar para fundir residuos plásticos, procesar materiales químicos y más.” (p.1). Esta máquina genera una temperatura alta en el ambiente laboral. Yutin. G, (2018) señala que La máquina extrusora funde el plástico correctamente a una temperatura de entre 120 y 295 grados Celsius, con una temperatura promedio de 252 cuando ya está caliente (p.9). En resumen, se puede comprobar que la máquina principal del proceso eleva la temperatura de sí misma y por lo tanto del ambiente.

Por otro lado, hay que explicar que tipos de plástico se manejan en plantas de reciclaje y que plástico utiliza la planta empresa de reciclaje en la empresa productora de filamentos. Por lo tanto, hay que explicar que los polímeros tienen diferentes propiedades como la viscosidad y la fluides es por eso los puntos a los que se debe de elevar la temperatura varían bastante.

Una característica importante es el punto de fusión PET, el cual es la temperatura a la que el material se vuelve maleable y puede ser moldeado o extruido. En el caso particular de planta de reciclaje, utilizan el plástico PET, usado para producir botellas plásticas de uso común y para bebidas. Según Agarwal (2016), la temperatura óptima para fundir PET es de 270°C al vacío, ya que aumenta nuevamente el IV (Índice de Viscosidad) a 2.97 dl/g en 1.5 h, debido a la liberación de restricciones cristalinas en la fusión que permite que algunos de estos grupos inactivos tereftalato y etilenglicol se acerquen entre sí (p. 12). Es por eso, que la Figura #1 muestra la relación entre tiempo y la temperatura.

La Tabla 1 detalla las diferentes temperaturas a la que los polímeros son maleables. El PET es el que se usa en la planta y es el que importa, sin embargo, se colocaron los demás polímeros para tener una comparación.

*Tabla 1: Rango de temperatura de extrusión dependiendo el tipo de plástico*

<b>Tipo de plástico</b>	<b>Envases utilizados</b>	<b>Rango de temperatura</b>
<b>PET (tereftalato de polietileno)</b>	Botellas de agua y refrescos	250°C a 300°C
<b>HDPE (polietileno de alta densidad)</b>	Botellas de leche, detergentes líquidos	170°C a 190°C
<b>PP (polipropileno)</b>	Ciertas botellas de yogurt y envases farmacéuticos	175°C a 230°C.

Una característica que va estrechamente de la mano con la temperatura, el tipo de plástico y las máquinas que se usan es la humedad. La humedad es la cantidad de vapor de agua que existe en el aire y en nuestro caso en la planta de reciclaje. La humedad es un factor importante porque según H. Valdez (2020) la humedad en la industria del reciclaje aparece cuando los pedazos de botellas trituradas (escamas) se elevan a cierta temperatura para eliminar residuos y se las lava con agua, emanando humedad. Un exceso de humedad contribuye y potencializa los riesgos y efectos negativos que tiene la temperatura en el trabajador. Esto lo explica Dayton. K. (2023) apoyando la idea de que la exposición ocupacional a altas temperaturas combinada con una alta humedad y ropa de protección personal puede causar estrés por calor en los trabajadores y perjudicar su salud y desempeño laboral.

El Ministerio de trabajo, migración y seguridad social afirma (2017) que los efectos sobre la salud, incluido el estrés laboral, relacionado con la alta temperatura del ambiente y de las máquinas, pueden perjudicar el bienestar y la productividad de los trabajadores mediante el estrés laboral. Para prevenir tales riesgos, es importante implementar medidas técnicas y organizativas adicionales (p.2). Wang Hui (2018) Una técnica para dispersar el calor en el ambiente es la elaboración de un sistema de control de temperatura para maquinaria de ingeniería que permita el control independiente de diferentes tipos/áreas de temperatura para mejorar el rendimiento general. Una segunda mejora es la modificación de la infraestructura, Wang Hui (2017) comenta que se puede instalar un mecanismo de rejillas de control remoto que cuente con un cuerpo central del radiador, un ventilador y varios sensores de temperatura. Esto permitirá que el mecanismo se accione automáticamente al sobrepasar el límite permite por planta de reciclaje.

## ***Ruido***

El ruido se ha convertido en una constante en la vida diaria, sin embargo, el impacto que puede tener sobre alguien cuando se presenta en el lugar de trabajo es un tema que está recibiendo cada vez más atención debido a sus efectos potencialmente peligrosos para la salud y seguridad de los empleados (Hernández, 2007). El ruido proviene de diversas fuentes, incluidas la maquinaria industrial y los procesos de producción, y puede tener un impacto negativo significativo y duradero en los trabajadores, los trabajadores expuestos a sonidos altos y prolongados pueden llegar a tener afectaciones como sordera temporal o permanente. Dado que la exposición en este tipo de puestos de trabajo es durante la jornada laboral y los trabajadores tienen que trabajar durante al menos 5 días de la semana, la exposición al ruido es un extremadamente prolongada.

La exposición prolongada al ruido en el trabajo puede causar pérdida auditiva inducida por el ruido, condición irreversible que puede tener efectos graves en la calidad de vida de una persona (Taboada, 2007). Así mismo, el ruido puede dificultar la comunicación verbal entre empleados, así como la capacidad para concentrarse y escuchar adecuadamente el entorno, lo que puede provocar estrés laboral y puede aumentar la probabilidad de accidentes laborales. La mayoría de las máquinas producen ruidos en niveles altos, según W. Danielle et al. (2002), los sonidos rutinarios (exposición superior a una hora) que excedan los 85 decibelios indican un riesgo sustancial de pérdida de audición ocupacional.

Se han establecido reglas y regulaciones específicas para limitar la exposición al ruido en el lugar de trabajo con el fin de abordar estos problemas y proteger la salud y seguridad de los empleados. El objetivo de estas leyes, que varían según el país, es establecer niveles seguros de exposición al ruido y fomentar métodos de control y prevención. En el caso de Ecuador, mediante Decreto Ejecutivo #2393, se establece que no se pueden superar los 85 decibelios

medidos en el lugar de trabajo donde el empleado se mantiene durante su jornada de ocho horas a diario.

## **METODOLOGÍA**

### ***Metodología utilizada***

DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Implementar y Controlar) es la metodología elegida en este proyecto de investigación, mismo que será complementado con matriz de riesgo IPER, RMPP y la herramienta FMEA para poder cuantificar los riesgos, poder evaluar su gravedad y en base a eso, tomar las mejores soluciones posibles.

La metodología DMAIC es ampliamente utilizada en la industria en la mejora de procesos, en implementación de mejora continua y en seguridad industrial. Según Chiara Vianello, (2018), al aplicar esta metodología en un proyecto de seguridad, se busca identificar problemas, analizar cuáles son sus causas e implementar soluciones. Esta metodología ofrece un enfoque en los datos para abordar los riesgos, además contribuirá a una cultura de seguridad más sólida, lo que tendrá un impacto positivo en la satisfacción interna y externa del cliente (p-3). Esta metodología es de suma relevancia ya que esta ayuda a levantar, medir y registrar datos pertinentes que la empresa hizo énfasis en que desea tener. Es por eso que esta metodología es la necesaria.

La FMEA (Failure Mode and Effects Analysis) es un método cuantitativo que lista los fallos, ocurrencias y gravedad para poder hacer modificaciones y mejoras en la planta. Esta herramienta facilita identificar riesgos tempranos y posibles fallas, además permite calcular el número de prioridad de riesgo cuantitativamente, ayudando así a identificar los modos de fallas más críticos que deben ser atendidos primero. Según Tec-Ilha Baja SAE (2023) el método FMEA es importantes para documentar la vida útil de los componentes y analizar la gravedad, ocurrencia y detección de fallas, permitiendo crear una relación y una puntuación para cada

evento y la priorización de riesgos (RPN) que permitan tomar decisiones adecuadas durante momentos de peligro y prevención de riesgos (pp. 30–31). Un caso relevante es el de K., Pickard., Peter, Muller., Bernd, Bertsche. (2015) el cual estudio el impacto, efectos y análisis de la herramienta en el diseño de un nuevo producto, FMEA (Análisis modal de fallos y efectos) es un procedimiento que se aplica a fallos individuales en el ciclo de diseño del producto. Se centra en el análisis de riesgos, la evaluación de riesgos y las medidas de control (pp-2). Se logra observar que cubre varios ámbitos, sin embargo, en esa misma investigación se descubrió que tiene algunas limitaciones que, en la investigación en la empresa productora de filamentos se solucionaran con las demás matrices mencionadas. Según K., Pickard., Peter, Muller., Bernd, Bertsche. (2015) FMEA considera sólo fallas individuales y muestra los efectos del sistema y los eventos clave resultantes de estas fallas individuales. El enfoque AMEF tiene sus limitaciones en términos de múltiples fallas y su impacto en el sistema y los incidentes importantes que pueden ocurrir como resultado.

La matriz de riesgos IPER (Identificación de Peligros, Evaluación de Riesgos y Determinación de Controles) se seleccionó por existir una buena compatibilidad y complementariedad de enfoques con la FMEA. La IPER ayuda a encontrar riesgos y evaluarlos, mientras que la FMEA identifica fallas, si se utilizan conjuntamente, la información en cuanto a amenazas, fallas y efectos es más completa. Sanniv et al., (2020) respalda esta idea al mencionar que la IPER puede ayudar a identificar peligros que pueden no estar directamente relacionados con una condición de falla del proceso o del sistema, como peligros ambientales, condiciones de trabajo peligrosas o eventos inesperados. Estos peligros pueden tener un impacto significativo en la seguridad y deben considerarse en los planes de seguridad (p 5-7).

La utilización de una Matriz de Riesgos Prioritarios y Probabilidad (RMPP) en un proyecto que utiliza la metodología DMAIC permite obtener una medida clave para evaluar la

incidencia de los posibles riesgos, también nos sirve para tener una planificación de la seguridad o un plan de protección. Benilda et al., (2020) explican que RMPP es una herramienta valiosa para la planificación de la seguridad en el lugar de trabajo. Permite a las organizaciones anticipar y responder proactivamente a los riesgos, ayudando a crear un entorno de trabajo más seguro y saludable (pp 12-13).

A continuación, se muestran los pasos tomados para aplicar las metodologías durante el presente estudio

### ***DEFINIR***

1. **Seleccionar Proceso a Analizar y Definirlo:** Identificar el sistema de trabajo, Identificación del problema, Alcance, Objetivos, Áreas de medición y oportunidades de mejora
2. **Constituir un Equipo de FMEA:** Reunir a un equipo multidisciplinario en el cual estén miembros claves de la empresa y el personal que realizará el estudio, que logren identificar de manera precisa los modos de falla, riesgos y efectos. Además, se decidió incluir en este apartado una breve explicación del uso de los instrumentos de medición que se utilizaran por parte del equipo de estudio.

### ***MEDIR***

3. **Medir:** Este es un apartado, se decidió incluir en el estudio en conjunto con los expertos de la planta y los miembros del equipo de estudio. Se incluye qué, por qué, cómo, cuánto, quién nos dio información para tomar mediciones, diseños de planta de la empresa, identificación y numeración de los puestos de trabajo.
4. **Identificar Modos de Falla Potenciales:** Aquí se empieza con la primera herramienta (RPN), la cual es la que medirá los modos de falla y contabilizará cuantos y que tipos

posibles de falla hay en la planta de estudio. Además de enumerar los modos de falla, se realizará un diagrama Pareto el cual justifica, las áreas escogidas para el estudio (iluminación, temperatura, humedad y ruido).

### ***ANALIZAR***

5. **Asignar Calificaciones de Gravedad, Ocurrencia y Detección:** Para cada modo de falla identificado, el equipo asigna calificaciones de gravedad, ocurrencia y detección en una escala numérica (generalmente del 1 al 10). Estas calificaciones ayudarán a priorizar los modos de falla que deben ser atendidos.
6. **Calcular el Índice de Riesgo (Risk Priority Number, RPN):** En este apartado se calcula el valor esperado, el RPN. Esto proporciona un valor numérico que se utiliza para clasificar y priorizar los modos de falla. De esta manera se sabe cuantitativamente los errores más necesarios que requieren atención.
7. **Calcular la matriz de Riesgo IPER (Identificación de Peligros y Evaluación de Riesgos):** Se elabora la Matriz IPER y se argumenta porque es importante y que información nos brinda. Evalúa los riesgos en función de la probabilidad y la gravedad de las consecuencias
8. **Calcular la Matriz RMPP (Priorización de Peligros y Riesgos):** Se elabora la Matriz IPER y se argumenta porque es importante y que información nos brinda. Evalúa los riesgos en función de su impacto potencial en los objetivos estratégicos de la organización. Utiliza los riesgos de la Matriz IPER y RPN para cual tendrá mayor impacto en la estrategia de la empresa.

***IMPLEMENTAR/ MEJORAR***

9. **Desarrollar Acciones de Mitigación:** Para los modos de falla que tengan un valor RPN alto, los riesgos más probables de la matriz IPER y los riesgos estratégicos de la matriz RMPP, se plantean acciones de mitigación o eliminación. Estas pueden incluir mejoras y controles en los procesos, entre otros.
10. **Implementar las Acciones de Mitigación:** Una vez definidas las acciones de mitigación, se implementan por decisión de la empresa.

***CONTROL***

11. **Realizar un Seguimiento y Actualizar el FMEA:** El proceso de FMEA es continuo. Se deben realizar seguimientos regulares para evaluar la efectividad de las acciones de mitigación y actualizar el análisis de FMEA según sea necesario.

## CASO DE ESTUDIO

### *Definir*

#### *Fase 1: Seleccionar el Sistema o Proceso a Analizar.*

### **Disposición**

La planta de reciclaje perteneciente a la empresa productora de filamentos procesa diferentes tipos de botellas PET:

- Ámbar
- Botellas con color
- Cristal

Las botellas de color ámbar y cristal son las únicas que llegan al estado de resina en el proceso de reciclaje, como se destaca en el informe de Fuentes (2023). La razón detrás de esta limitación radica en la existencia de una demanda específica en el mercado, donde estos tipos de botellas son valorados por su capacidad para preservar la integridad de productos sensibles a la luz, como ciertos alimentos y bebidas (Cortes et al., 2018, p. 44). Dado que la demanda de resina plástica en estos colores es substancialmente alta, la elección de procesar botellas ámbar y cristal se justifica. Estas botellas atraviesan tres fases en la planta de reciclaje: la primera se lleva a cabo en la planta de molienda y lavado (ver Figura 2), donde las botellas pasan por un proceso de clasificación, trituración y lavado, preparándolas para la siguiente etapa en la planta de descontaminación y peletizado (ver Figura 3). Finalmente, se almacenan en la bodega de transición antes de su traslado hacia el cliente final (ver Figura 4). En consecuencia, los únicos tipos de botellas que recorren todo el proceso en la planta de reciclaje, objeto de análisis en este estudio, son las de color ámbar y cristal, hasta alcanzar el estado de resina (Fuentes, 2023).

### **Diagnóstico de procesos**

El análisis de seguridad industrial, enfocado en los riesgos físicos, se inicia con el proceso de transporte de "pacas" de botellas, la cual se refiere al conjunto de botellas agrupadas por colores, utilizando montacargas hacia la zona de apertura de éstas (Fuentes, 2023), situada en la periferia de la planta de moliendo y lavado (ver Figura 2). Una vez que las pacas se abren e inspeccionan, las botellas ingresan a la planta de molienda y lavado (Fuentes, 2023). Aquí, las botellas pasan por un proceso de trituración, éstas se desplazan a través de cintas transportadoras hacia una trituradora PET, donde se completan las operaciones de molienda y clasificación. Vale destacar que esta área posee la mayor cantidad de ruido de la planta, niveles de sonidos superiores a 84dB, lo que exige la implementación de medidas de seguridad ocupacional rigurosas (s.f, 2023). Posteriormente, los fragmentos de botellas son transportados por tubos mediante presión de aire hacia el área de lavado para la eliminación de impurezas.

Las mediciones de iluminación, ruido, temperatura, y humedad, a realizar, se aplicarán en el área mencionadas previamente (la planta de moliendo y lavado), considerando la interacción de operadores, desplazamientos y traslado de objetos. Posteriormente, los fragmentos de botellas se dirigen luego a la planta de descontaminación y peletizado.

Una vez que los fragmentos lavados de botellas PET llegan a la planta de descontaminación y peletizado, se introducen en un horno de alta temperatura (240°C), donde se transforman en resina y, al enfriarse, se compactan en pellets (Fuentes, 2023). Finalmente, mediante el mismo sistema de transporte por tubos, la resina se coloca en dos tipos de sacos (50Kg y 100Kg), hasta completar su peso, listos para su empaque final en la bodega de transición, área de donde serán cargados a camiones y trasladados a su cliente final (Fuentes, 2023)

Las mediciones de iluminación, ruido, temperatura, y humedad, para este análisis se efectuarán en las áreas de descontaminación y peletizado, y bodega de transición,

especialmente en zonas que involucran la movilización, como los pasillos, puestos de trabajo de operadores, y zonas de transición donde los operadores están expuestos (I. Tureková, 2018, P.13). Se prestará una atención especial a la bodega de transición, donde, debido al incremento de la demanda, se ha acumulado un inventario de sacos de resina que disminuye la iluminación (Fuentes, 2023). Esto es crítico para el transporte del producto, prevenir la fatiga, con el fin de evitar tropiezos golpes, y caídas.



***Figura 2. Ubicación de sacos de resina en bodega de transición***

***Fase 2: Construir un equipo de trabajo.***

Previo a la constitución del equipo evaluador, es esencial definir el alcance que se tendrá con el equipo. En este caso, el objetivo será la evaluación de los riesgos físicos (luz, temperatura, humedad y ruido) dentro de las tres plantas de la empresa productora de filamentos, estos riesgos serán evaluados por medio de equipos especializados. Para medir el nivel de luz, se utilizará el luxómetro que se presenta a continuación.



*Figura 3. Luxómetro utilizado para mediciones*

Para la medición de ruido, se utilizará el sonómetro que se muestra a continuación.



*Figura 4. Sonómetro utilizado para mediciones*

Para la medición de temperatura y humedad se utilizará el termohigrómetro que se muestra a continuación.



### ***Figura 5. Termohigrómetro utilizado para mediciones***

Para la formación del equipo de investigación es necesario identificar cuáles son las competencias necesarias para que el proyecto de interés se lleve a cabo con éxito, en este caso, es necesario contar con la participación de al menos una persona que sea experta en los procesos que se llevan a cabo en las tres plantas de la empresa; la persona que experta será Valeria Fuentes, encargada del área de SAS de la empresa. Adicionalmente, es necesaria la participación de investigadores que tomen datos de los riesgos mencionados anteriormente y realicen el análisis de los datos obtenidos; los investigadores serán Diego Aldás, José Ignacio Castro y Mathew Vélez, estudiantes de la Universidad San Francisco de Quito.

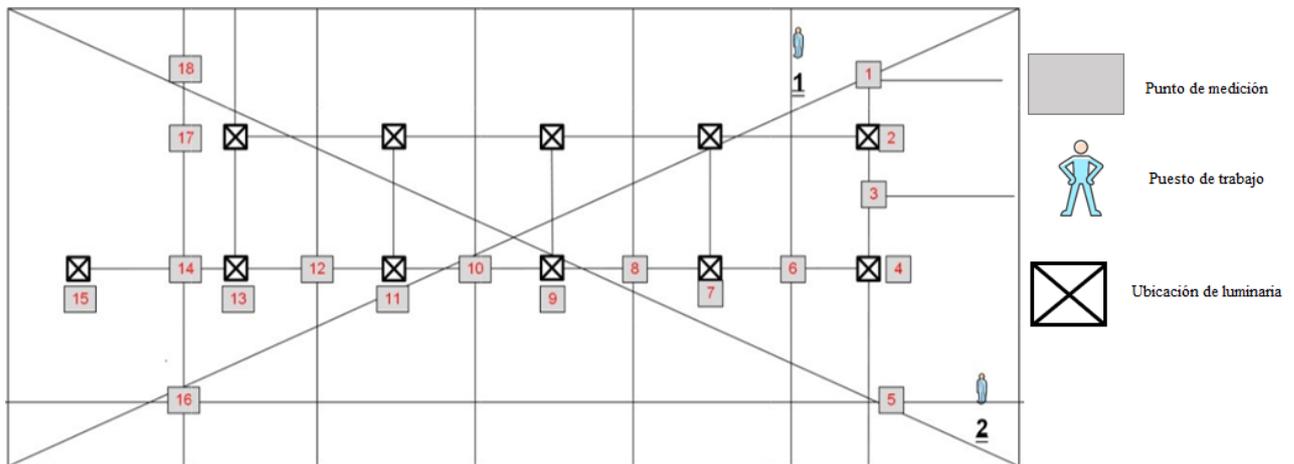
Todos los miembros del equipo de FMEA está al tanto de que se debe realizar, las mediciones que se deben hacer comprenden el propósito de la aplicación de FMEA, IPER Y RMPP y comprenden estas herramientas seleccionadas.

## ***Medir***

### ***Fase 3: Toma de Datos.***

Para determinar los puntos de medición de iluminación, temperatura y ruido se utilizó la metodología de la cuadrícula o “Croquis”. Dicha metodología implicar dividir el área donde se tomará mediciones en una serie de cuadrículas o secciones más pequeñas (ver Figura 6, Figura 7, Figura 8) y cada cuadrícula se evalúa individualmente para determinar su nivel de iluminación, ruido, temperatura, y humedad (Sánchez, 2023, p.25).





**Figura 8. Distribución del layout bodega de transición incluyendo puntos de medición**

Para las variables de iluminación, temperatura, humedad, y ruido se decidió realizar mediciones tanto durante el día como la noche. Esto se hizo con la intención de capturar los cambios naturales en la intensidad lumínica que ocurren a lo largo del día. Según Fuentes, durante las jornadas diurnas, la iluminación es más intensa debido a la luz natural del sol, mientras que, durante la noche, se depende de iluminación artificial (2023). Al tomar mediciones en distintas horas de ambas jornadas, se obtiene un conjunto de datos que refleja la variabilidad real (Ocon, 2022, p.23).

A partir de la ejecución metodología Croquis, y tomando en cuenta las recomendaciones del estudio previo del departamento de seguridad industrial de la empresa productora de filamentos (Fuentes et. al, 2023) se determinó un total de 88 puntos de medición entre las 3 zonas (la planta de moliendo y lavado, la planta de descontaminación y peletizado, y la bodega de transición).

### 3.1 Iluminación

Los puntos de medición se encuentran asignados en la Tabla 2. Los puntos de medición extras se dividen entre puestos de trabajo y puntos extras. Se añadieron puntos de medición adicionales teniendo en cuenta factores clave, tales como la ubicación de los puestos de trabajo, las zonas de transición y el almacenamiento de productos (Simeone Gavi et al, 2021, p.46). Estas decisiones se basaron en recomendaciones proporcionadas por el departamento de seguridad industrial, ya que estos puntos son de vital importancia en los procesos de la planta de reciclaje-empresa productora de filamentos. (Fuentes et. al, 2023).

**Tabla 2. Asignación de puntos de medición (K>2)**

<b>PUNTOS DE MEDICIÓN</b>		
	<b>Regulares</b>	<b>Extras</b>
<b>LA PLANTA DE MOLIENDA Y LAVADO</b>	<b>1 a 29</b>	<b>30 a 40</b>
<b>PLANTA DE DESCONTAMINACIÓN Y PELETIZADO</b>	<b>1 a 24</b>	<b>25 a 33</b>
<b>BODEGA DE TRANSICIÓN</b>	<b>1 a 18</b>	<b>20 a 24</b>

La distribución de los puntos de medición se observa en las Figuras 6, 7 y 8. Los datos de las mediciones de iluminación se encuentran en las Tablas 3, 4, 5, 6, 7 y 8.

**Tabla 3. Iluminación mínima y máxima en puntos de medición diurnos regulares de planta de moliendo y lavado**

<b>PUESTO DE MEDICIÓN</b>	<b>LUZ MIN</b>	<b>LUZ MAX</b>
<b>1</b>	150,2	250,1
<b>2</b>	37,3	50,1
<b>3</b>	32,6	39,1
<b>4</b>	5,8	5,2
<b>5</b>	53,4	165,3
<b>6</b>	45	55,2
<b>7</b>	65,4	85,2
<b>8</b>	120,2	200,1

9	48,2	51,2
10	54,3	70,2
11	110,2	114,2
12	44,5	45,2
13	40,2	47,2
14	182,3	201,2
16	173	188,3
17	62,1	68,3
18	63,1	69,4
19	57,3	120,2
20	170	198,2
21	186	232,6
22	54,2	78,2
23	150,2	250,1
24	120,3	302,1
25	121,3	302,1
26	132,3	305,1
27	120,3	302,1
28	122,3	312,1
29	122,2	306,4
32	21,9	32,7
<b>15 PUESTO DE TRABAJO</b>	61,7	66,8
<b>30 PUESTO DE TRABAJO</b>	56,3	78,2
<b>31 PUESTO DE TRABAJO</b>	164,9	179

*Tabla 4. Iluminación mínima y máxima en puntos de medición diurnos extras de planta la planta de moliendo y lavado*

PUESTOS DE TRABAJO	LUZ MIN	LUZ MAX
1	25,5	28,4
2	97,1	107,2
3	179,5	207,5
4	65,7	85,6
5	86,6	93,3
7	279,2	304,2
8	269,9	305,6
9	6,2	6,5
12	182,1	209,3
31	164,9	179

**Tabla 5. Iluminación mínima y máxima en puntos de medición nocturnos regulares/extras de planta de descontaminación y peletizado**

PUESTO DE MEDICIÓN	LUZ MIN	LUZ MAX
1	572,1	655,3
2	572,1	892,2
3	554,9	922
4	81,1	93,2
5	30,7	136,4
6	554,9	1032
7	30,7	208,5
8	30,7	384,3
9	255,4	267
10	194,3	233,4
11	94,9	98,3
12	102,7	188,7
13	62,8	84,6
14	36,4	87,4
15	31,1	169,2
16	175,7	215,2
17	29,8	268,6
18	59,7	317,5
19	59,3	63
20	567	570,3
21	12,6	285,6
22	20,8	198,5
23	585	630
24	50,7	459,1
25 PUESTO TRABAJO 7	552	560,4
26 PUESTO DE TRABAJO 4	582,6	1110
27 PUESTO DE TRABAJO 8	580,4	1381

**Tabla 6. Iluminación mínima y máxima en puntos de medición diurnos regulares/extras de planta de descontaminación y peletizado**

PUESTO DE MEDICIÓN	LUZ MIN	LUZ MAX
1	50,6	219
2	51,4	200,2
3	31,6	242,5
4	31,6	202,4

5	39,6	218,4
6	32,1	227,8
7	35,2	248,1
8	32,1	225,6
9	36,2	250,1
10	35,2	251,3
11	35,6	263,2
12	40,31	274,3
13	40,5	289,6
14	36,4	287,3
15	45,2	274,3
16	43,6	285,3
17	42,1	245,6
18	45,1	265,3
19	35,4	278,4
20	35,3	265,3
21	35,9	254,3
22	34,23	236,2
23	31,2	215,3
24	28,5	212,3
<b>25 PUESTO TRABAJO 7</b>	39,8	215,3
<b>26 PUESTO DE TRABAJO 4</b>	32,1	200,4
<b>27 PUESTO DE TRABAJO 8</b>	35,6	220,4

*Tabla 7. Iluminación mínima y máxima en puntos de medición diurnos regulares/extras de bodega de transición*

PUESTO DE MEDICIÓN	LUZ MIN	LUZ MAX
1	51,6	106,9
2	95,8	145
3	39,6	216,8
4	39,6	216,8
5	39,6	256,3
6	49,1	65,1
7	43,5	55,8
8	40,2	72,9
9	40,2	96
10	39,6	74,3
11	38,4	55,4

12	40,31	107,3
13	40,5	210,3
14	36,4	74,1
15	45,2	56,3
16	43,6	241,3
17	42,1	106,4
18	45,1	74,3
<b>19 PUESTO DE TRABAJO</b>	1,7	109,9
<b>20 PUESTO DE TRABAJO</b>	8,4	256,3
<b>21 PUESTO DE TRABAJO</b>	28,5	96

*Tabla 8. Iluminación mínima y máxima en puntos de medición nocturnos regulares/extras de bodega de transición*

<b>PUESTO DE MEDICIÓN</b>	<b>LUZ MIN</b>	<b>LUZ MAX</b>
1	39,4	220
2	278,3	316,3
3	278,3	400
4	132,8	401,5
5	91,4	401,5
6	219,7	348,4
7	295,2	337,4
8	200,8	343,1
9	200,8	343,1
10	105,4	358
11	147,2	149,1
12	34,2	67,8
13	101,1	114,2
14	101,1	114,2
15	139,4	144,3
16	101,1	114,2
17	17,3	27,4
18	21,5	28,7
<b>19 PUESTO DE TRABAJO</b>	3,2	220,8
<b>20 PUESTO DE TRABAJO</b>	29,6	401,5
<b>21 PUESTO DE TRABAJO</b>	105,4	358

**22 PUESTO DE TRABAJO** | 4,7      7

### 3.2 Temperatura y Humedad

Los puntos de medición se muestran asignados en la Tabla 10-13 y separados en las Figuras 6, 7, y 8.

*Tabla 10. Datos recolectados en puntos de medición regulares planta de moliendo y lavado*

PUESTO DE MEDICIÓN	TEMPERATURA	HUMEDAD	LUZ MIN	LUZ MAX	RUIDO MIN	RUIDO MAX
1	22,3	75,7	183,4	247,3	92,3	93,4
2	21,3	74,9	47,3	69,5	91,9	92,1
3	21,5	71,1	33,9	39,1	91,9	95,1
4	20,2	77,5	2,8	5,7	93,5	93,7
5	20	74,7	63,4	185,5	92,4	93,2
6	19,9	82,7	55	62,7	93,8	95,4
7	20,3	69,8	75,3	95,1	91,9	92,7
8	19,6	71,8	132,4	161,8	92,1	93,4
9	18,6	72,6	58,7	61,1	93,4	93,5
10	20,2	67,8	23	26,7	91,8	92,1
11	19,6	72,7	90,8	128,6	94,7	95,5
12	19,6	68,9	64,6	65,6	95,1	96,4
13	20	67,9	12,5	27,2	91,1	92,3
14	18,7	70	210,7	264,9	91,4	92,3
16	19,9	68,1	173	188,3	92,9	93,1
17	19,2	69,5	62,1	68,3	95,6	96,9
18						
19	19	63	47,8	73,3	60,1	94,7
20						
21	19,1	61,6	196	232,6	93,1	93,6
22	19,2	61,6	64,7	89,3	92,3	93,2
23	19,1	66,1	20	67,6	92,3	93,5
24	18,8	70,3	9,3	9,4	78,9	79,5
25	18,3	13,8	14,1	73,5	75	
26	19,9	74	1,5	6	66,6	76,4
27	18,5	75,4	4,2	6,2	63,5	741
28	17,2	76,3	6,8	6,9	67,1	
29						
32	19	70,1	21,9	32,7	93,6	94,9

<b>15 PUESTO DE TRABAJO</b>	19,9	68,7	61,7	66,8	93,2	93,7
<b>30 PUESTO DE TRABAJO</b>	23,9	65,4	25,5	28,4	81	85,7
<b>31 PUESTO DE TRABAJO</b>	19,9	71,5	164,9	179	103,6	103,7

*Tabla 11. Datos recolectados en puntos de medición extras planta DE MOLIENDA Y LAVADO*

<b>PUESTOS DE TRABAJO</b>	<b>TEMPERATURA</b>	<b>HUMEDAD</b>	<b>LUZ MIN</b>	<b>LUZ MAX</b>	<b>RUIDO MIN</b>	<b>RUIDO MAX</b>
<b>1</b>	23,9	65,4	25,5	28,4	81	85,7
<b>2</b>	17,7	89,9	74,7	86,8	93,8	95,2
<b>3</b>	18,3	71,6	169,5	207,5	59,8	93,5
<b>4</b>	18,2	71,4	62,7	83,6	93,3	94
<b>5</b>	18,1	71,4	62,7	83,6	93,3	94
<b>7</b>	17,5	73,6	289,9	307,6	60,1	96,9
<b>8</b>	17,5	73,6	289,9	307,6	60,1	96,9
<b>9</b>	16,1	71	6,2	6,5	67,9	74
<b>12</b>	18,3	79,4	126,4	130,4	78,9	80,8
<b>31</b>	19,9	71,5	164,9	179	103,6	103,7

*Tabla 12. Datos recolectados en puntos de medición regulares y extras en planta de descontaminación y peletizado*

<b>PUESTO DE MEDICIÓN</b>	<b>TEMPERATURA</b>	<b>HUMEDAD</b>	<b>LUZ MIN</b>	<b>LUZ MAX</b>	<b>RUIDO MIN</b>
<b>1</b>	27	47,9	572,1	655,3	92,2
<b>2</b>	27,1	62,2	572,1	892,2	93,6
<b>3</b>	27	54,2	554,9	922	90,8
<b>4</b>	28,1	47,7	81,1	93,2	89,4
<b>5</b>	28,1	51,2	30,7	136,4	88,9
<b>6</b>	27	50,1	554,9	1032	89,2
<b>7</b>	28,1	50,5	30,7	208,5	89,5
<b>8</b>	28,1	51,9	30,7	384,3	89,2
<b>9</b>	28	52,7	255,4	267	93,6
<b>10</b>	28	51,5	194,3	233,4	88,5
<b>11</b>	28	50,4	94,9	98,3	87,7
<b>12</b>	25,5	64,1	102,7	188,7	60
<b>13</b>	25,5	55,3	62,8	84,6	87,1
<b>14</b>	25,7	55,4	36,4	87,4	88
<b>15</b>	26,6	57,34	31,1	169,2	87,8

16	26,5	53,6	175,7	215,2	88
17	25,6	58,7	29,8	268,6	90,2
18	27,4	51,11	59,7	317,5	88,8
19	27,4	50,4	59,3	63	88,8
20	26,5	67,3	567	570,3	90,7
21	26,5	54,8	12,6	285,6	90,7
22	28,1	50,2	20,8	198,5	91,6
23	26,8	56,1	585	630	93,7
24	29,1	49,5	50,7	459,1	88,7
25 PUESTO TRABAJO 7	26,7	50,4	552	560,4	89,5
26 PUESTO DE TRABAJO 4 SEGUNDO	26,8	48,8	582,6	1110	89,1
27 PUESTO DE TRABAJO 8 SEGUNDO	27,9	43,2	580,4	1381	88,9

*Tabla 13. Datos recolectados en puntos de medición regulares y extras en bodega de transición*

PUESTO DE MEDICIÓN	TEMPERATURA	HUMEDAD	LUZ MIN	LUZ MAX	RUIDO MIN	RUIDO MAX
1	22,2	72,6	39,4	220	92	93,5
2	22,2	72,8	278,3	316,3	88,4	93,7
3	22,2	79,4	278,3	400	93,7	94
4	22,2	73,6	132,8	401,5	91,1	92
5	22,2	72,1	91,4	401,5	90,5	91,5
6	22,2	69,9	219,7	348,4	88,9	92,5
7	22,2	72,1	295,2	337,4	88,4	89,6
8	22,1	72	200,8	343,1	86,7	87,7
9	22	72,3	200,8	343,1	84	85
10	21,8	77,3	105,4	358	84,7	86
11	21,7	77,4	147,2	149,1	84,1	84,7
12	21,6	78,8	34,2	67,8	78,2	81,6
13	21,6	79	101,1	114,2	80,5	81,3
14	21,6	79	101,1	114,2	80,5	81,3
15	21,6	74,1	139,4	144,3	79	80,4
16	21,6	79	101,1	114,2	80,5	81,3
17	21,7	80,1	17,3	27,4	79,4	80,3
18	21,8	79,6	21,5	28,7	79,9	80,9

<b>19 PUESTO DE TRABAJO</b>	22,2	76,9	3,2	220,8	89,5	89,3
<b>20 PUESTO DE TRABAJO</b>	22,2	68,4	29,6	401,5	89	91,2
<b>21 PUESTO DE TRABAJO</b>	21,9	79	105,4	358	84,7	87,1
<b>22 PUESTO DE TRABAJO</b>	24,8	74,8	4,7	7	86,1	87,8

Los puntos regulares tomados en las plantas de moliendo y lavado, y descontaminación y lavado se mantienen en relación con los puntos de medición de iluminación, sin embargo, los puntos extras de la planta de descontaminación y peletizado varían (puesto de trabajo 7, 4, y 8) ya que dichos puestos de trabajo que se encuentran más acercados al horno de fundición (Sánchez, 2022, p.60). Cabe recalcar que la planta de descontaminación y peletizado muestra los datos de temperatura más altos ya que se encuentra el horno de fundición.

### **3.3 Ruido**

. Los puntos de medición se detallan en las Tablas 10 y 13 y se visualizan en las figuras 6, 7 y 8.

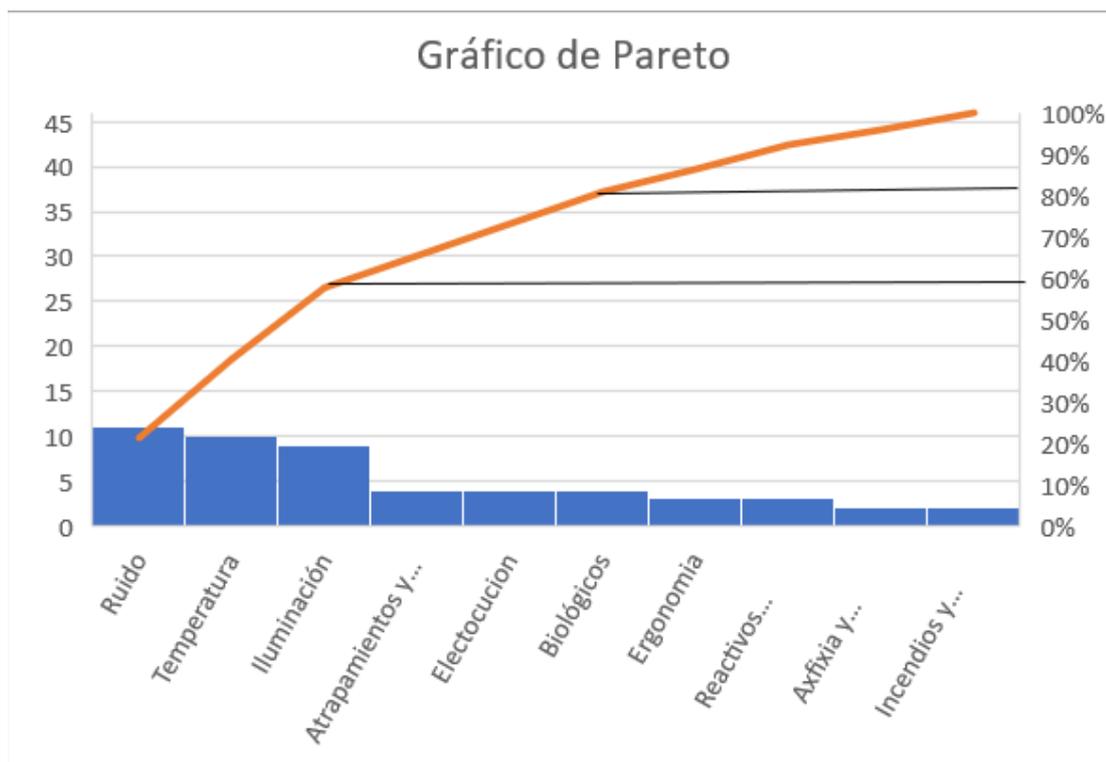
Se mantienen las mediciones periódicas realizadas en las plantas de descontaminación y peletizado, y en la bodega de transición, en relación con los puntos de medición de la temperatura. Sin embargo, se añadieron más puntos en la planta de moliendo y lavado, concretamente en los puestos de trabajo del 1 al 9 y en los puntos 12 y 31. Según M. Martínez (2018) La razón de esta decisión, como menciona Lund, se toma debido a que estas áreas de trabajo están expuestas a altos niveles de ruido, especialmente dada su proximidad al triturador (1979) de PET. En consecuencia, las instalaciones de la planta de moliendo y lavado registran los niveles de ruido más elevados.

***Fase 4: Identificar Modos de Falla Potenciales.***

Se realizaron varias visitas a la planta de planta de reciclaje con el fin de identificar posibles fallas, en las áreas que se seleccionaron.

Las fallas o riesgos que se proporcionaron se clasificaron en las siguientes categorías macro: Ruido, Temperatura, Iluminación, Atrapamientos y Caídas, Riesgos Ergonómicos, Electrocutión, Biológicos, Reactivos Químicos, Asfixia y Ahogamiento y por último Incendios y Explosiones. De esta manera, es más sencillo de organizar todas las fallas o riesgos que se proporcionaron de manera desordenada. Con esto se elaboró una tabla con la frecuencia de fallas de cada tipo para así, elaborar un diagrama de Pareto.

Para evidenciar lo anterior mencionado hay que revisar la Tabla 1. Con esta tabla se calculó el porcentaje acumulado y se realizó el diagrama de Pareto que se encuentra en la Figura 9.



**Figura 9. Gráfico de Pareto de los campos de falla**

Gracias a este gráfico de Pareto se puede decir que más del 68% de las fallas, provienen del campo Ruido, Temperatura e Iluminación. Con esto se comprueba que el enfoque dado por el equipo de trabajo sobre enfocarse en esos tres temas es correcto y es donde tendrá más impacto una posible solución.

## ***Analizar***

### **Iluminación**

Una vez determinados los niveles de luminancia por cada cuadrícula/área segmentada, se procede a obtener la iluminación media (Riva, 2022, p.35) por planta y comparar el resultado según lo exigido por el Ministerio de Trabajo en el Decreto 2393.

$$E_m = \sum \frac{\text{valores medidos (Lux)}}{\text{Cantidad de puntos medidos}}$$

***Ecuación 1. Fórmula de iluminación media***

Como se puede observar en la Tabla 14, la mayoría de los valores de iluminancia media supera los 100 luxes exigido por el Decreto 2393, sin embargo, en la planta de moliendo y lavado, en el apartado nocturno, no cumple con la luminancia media, es decir, se encuentra por debajo de los 100 luxes, por lo que se encuentra resaltado con color rojo.

**Tabla 14. Nivel de iluminancia media por segmento de planta**

<b>NIVEL DE LUMINANCIA MEDIA</b>		
	<b>Diurno</b>	<b>Nocturno</b>
<b>PLANTA DE MOLIENDO Y LAVADO</b>	149,95	95,00
<b>PLANTA DE DESCONTAMINACIÓN Y PELETIZADO</b>	243,27	426,36
<b>BODEGA DE TRANSICIÓN</b>	122,43	237,11

Una vez obtenida la iluminancia media, se procede a verificar la uniformidad de la iluminancia, la cual se refiere a la distribución homogénea de la cantidad de luz en un área determinada (Rivas, 2022, p.38)

$$E_{min} \geq \frac{E_m}{2}$$

**Ecuación 2. Fórmula de uniformidad de luminancia**

De acuerdo con la Tabla 15, la única planta que cumple con la relación de uniformidad de luminancia es la planta de descontaminación y peletizado durante el día la cual se encuentra resaltado con color verde, lo que indica que la distribución de la luz debe ser homogeneizada a lo largo de toda planta de reciclaje (Rivas, 2022, p. 55)

**Tabla 15. Uniformidad de luminancia**

<b>UNIFORMIDAD DE LUMINANCIA</b>		
	<b>Diurno</b>	<b>Nocturno</b>
<b>PLANTA DE MOLIENDO Y LAVADO</b>	5,80	5,70
<b>PLANTA DE DESCONTAMINACIÓN Y PELETIZADO</b>	200,20	63,00
<b>BODEGA DE TRANSICIÓN</b>	55,40	7,00

## Temperatura y Humedad

La temperatura fue medida en los mismos puntos de la iluminación, la cantidad de puntos medidas y añadidos se encuentran detallados en la Tabla 16.

**Tabla 16. Asignación de puntos de medición (K>2)**

<b>PUNTOS DE MEDICIÓN</b>		
<b>PLANTA</b>	<b>Regulares</b>	<b>Extras</b>
<b>PLANTA DE MOLIENDA Y LAVADO</b>	<b>1 a 29</b>	<b>30 a 40</b>
<b>PLANTA DE DESCONTAMINACIÓN Y PELETIZADO</b>	<b>1 a 24</b>	<b>25 a 33</b>
<b>BODEGA DE TRANSICIÓN</b>	<b>1 a 18</b>	<b>20 a 24</b>

Se utilizó el diagrama de cuadrícula para cada medición, y en cada punto se realizaron lecturas de temperatura y humedad. El valor de temperatura se encuentra en grados Celsius (°C), y para la humedad en gramos por metro cúbico (g/m<sup>3</sup>). Hay que tener en cuenta que los límites de temperatura y humedad recomendados por la OSHA en puestos de trabajo son de 20 a 24 °C y 30 a 60 % respectivamente. Además, el tiempo de exposición también es relevante, para una temperatura mayor de los 25 grados, OSHA (2015) permite un tiempo máximo de

exposición de 90 minutos por operario. Los límites de temperatura para un puesto de trabajo se ejemplifican mejor con la Tabla 17.

**Tabla 17. Tabla de límites de temperatura de la OSHA**

<b>ÍNDICE DE CALOR</b>	<b>NIVEL DE RIESGO</b>	<b>MEDIDA DE PROTECCIÓN</b>
MENOS DE 32.8	Mas bajo (Precaución)	Seguridad ante el calor y planificación básica
32.8 C A 39.4 C	Moderado	Aplicar medidas de precaución y aumentar la concientización
39.4 C A 46.1 C	Alto	Precauciones adicionales para proteger a los trabajadores
MAYOR A 46.1 C	Muy alto a extremo	Origina medidas de protección aún más enérgicas

En la planta de molienda y lavado, la temperatura promedio es de 21,2 °C y la humedad de 69,3 g/m<sup>3</sup>. Cuentan con una desviación estándar de 1,8 grados y 10 % respectivamente (ver Tablas 18 y 19).

**Tabla 18. Temperatura y Humedad en puntos de medición regulares de planta DE**

**MOLIENDA Y LAVADO**

<b>PUESTO DE MEDICIÓN</b>	<b>TEMPERATURA</b>	<b>HUMEDAD</b>
1	22,3	75,7
2	21,3	74,9
3	21,5	71,1
4	25,3	77,5
5	20	74,7
6	25,3	82,7
7	20,3	69,8
8	19,6	71,8
9	18,6	72,6
10	20,2	67,8
11	19,6	72,7
12	24,3	68,9

13	20	67,9
14	18,7	70
16	19,9	68,1
17	19,2	69,5
18	22,5	70,3
19	22,6	63
20	26,3	71,2
21	19,1	61,6
22	19,2	61,6
23	19,1	66,1
24	18,8	70,3
25	18,3	13,8
26	19,9	74
27	18,5	75,4
28	17,2	76,3
29	20,3	75,3
32	19	70,1
15 PUESTO DE TRABAJO	19,9	68,7
30 PUESTO 1 TRABAJO	23,9	65,4
31 PUESTO DE TRABAJO	19,9	71,5
PROMEDIO	20,64375	69,071875
DESVIACIÓN	2,24373259	10,9042204
ITE	21	

*Tabla 19. Temperatura y humedad en puntos de medición extras de planta de molienda y*

*lavado*

<b>PUESTOS DE TRABAJO</b>	<b>TEMPERATURA</b>	<b>HUMEDAD</b>
1	23,9	65,4
2	17,7	89,9
3	18,3	71,6
4	18,2	71,4
5	71,4	62,7
7	17,5	73,6
8	17,5	73,6
9	16,1	71
12	18,3	79,4
31	19,9	71,5

La temperatura, se encuentra dentro de los límites dados en la OSHA (2015), por lo tanto, los trabajadores pueden pasar más de 90 minutos expuestos a esta temperatura y con un tiempo máximo de 8 horas laborales. La desviación de 1,8 indica que la temperatura no varía significativamente.

La humedad está por encima del 10% de acuerdo con lo que estipula la OSHA (2015), sin embargo, como la temperatura se considera como "normal" ya que no sobrepasa los 25 grados centígrados, la humedad no afectará a los trabajadores. Esto se puede comprobar con el ITE (Índice de Temperatura Efectiva), valor que se utiliza comúnmente para evaluar el riesgo de estrés por calor y golpe de calor en condiciones de alta humedad y temperatura.

ITE (Heat Index) en °F =  $ITE = 0.8 \times T + (0.01 \times H) \times (T - 14.4) + 46.4$ . Esta fórmula se obtiene de Guzmán & Ramírez, (2018)

El resultado obtenido de 22°C indica que no hubo cambio significativo y, por lo tanto, es seguro.

La planta de descontaminación y peletizado, que es en la que se encuentra la mayor concentración de calor, por ser la ubicación de las máquinas que derriten el plástico. Tiene una temperatura promedio de: 27,15 °C con una desviación estándar de 0,94, por otro lado, la humedad llega hasta un 53,2 % con una desviación de 5,26. El ITE de esta zona se mantiene en 27 °C, ya que la humedad no es lo suficientemente alta para añadir variación significativa (ver Tabla 20).

**Tabla 20. Temperatura y humedad en puntos de medición de planta de descontaminación y peletizado**

PUESTO DE MEDICIÓN	TEMPERATURA	HUMEDAD
1	27	47,9
2	27,1	62,2
3	27	54,2
4	28,1	47,7

5	28,1	51,2
6	27	50,1
7	28,1	50,5
8	28,1	51,9
9	28	52,7
10	28	51,5
11	28	50,4
12	25,5	64,1
13	25,5	55,3
14	25,7	55,4
15	26,6	57,34
16	26,5	53,6
17	25,6	58,7
18	27,4	51,11
19	27,4	50,4
20	26,5	67,3
21	26,5	54,8
22	28,1	50,2
23	26,8	56,1
24	29,1	49,5
25 PUESTO TRABAJO 7	26,7	50,4
26 PUESTO DE TRABAJO 4	26,8	48,8
27 PUESTO DE TRABAJO 8	27,9	43,2
PROMEDIO	27,15	53,21
DESVIACIÓN	0,94	5,27
ITE	27	

Podemos ver un aumento significativo en la temperatura, de al menos 7 a 9 puntos en el ITE, lo que sugiere un problema que amerita medidas de precaución en vista de que se puede producir fatiga física de los trabajadores por exposición prolongada a temperaturas altas. Los trabajadores permanecen en el área más de 90 minutos, pero no más de 140, sin embargo, es importante tomar medidas.

La planta de transición tiene una temperatura promedio de: 22,37 °C con una desviación estándar de 0,68, la humedad llega hasta un 66,77 % con una desviación de 11,04. El ITE se mantiene en 22 °C (ver Tabla 21).

**Tabla 21. Temperatura y humedad en puntos de medición de bodega de transición**

<b>PUESTO DE MEDICIÓN</b>	<b>TEMPERATURA</b>	<b>HUMEDAD</b>
1	23,5	50,4
2	23,1	55,1
3	23	54,3
4	23	55,3
5	22,9	56,8
6	22,9	63,1
7	22,9	60,3
8	22,9	56,8
9	22,8	64,5
10	21,8	77,3
11	21,7	77,4
12	21,6	78,8
13	21,6	79
14	21,6	79
15	21,6	74,1
16	21,6	79
17	21,7	80,1
18	21,8	79,6
19 PUESTO N	23,5	53,4
20 PUESTO	22,9	55,4
21 PUESTO	22,6	56,1
PROMEDIO	22,375	66,77
DESVIACIÓN	0,678911668	11,044794
ITE	22	

Se puede observar que la temperatura, humedad e ITE, están entre los valores recomendados por la OSHA (2015) (ver Tabla 17). La humedad tiene una desviación ligeramente elevada que permanece inalterada por lo que no se evidencian cambios en la temperatura percibida, esto se debe a que esta bodega es donde se almacena el producto terminado donde no hay cambios súbitos de temperatura.

## **Ruido**

La toma de datos de ruido se realizó en los mismos puntos de iluminación y temperatura, la cantidad de puntos medidos y añadidos se encuentran en la Tabla 5.

De acuerdo con lo observado en visitas a la planta, el ruido tiene una mayor afectación en la planta de descontaminación y peletizado debido a la presencia de la máquina trituradora de PET, por lo que los puntos de medición tienen un mayor nivel de ruido en comparación de los demás puntos.

Según Garbin (2006) el nivel de ruido máximo que el ser humano puede soportar sin que llegue a tener efectos en la salud es de 85 decibeles expuesto durante 20 minutos. En caso de realizar una evaluación de cada punto de medición, hay siete puntos de medición relacionados con puestos de trabajo en los cuales el sonido se encuentra por debajo de este límite. Los demás puntos de medición se encuentran por encima del límite hasta por cerca de 20 dB, lo cual no solo indica una afectación directa a los empleados en caso de exposición prolongada (exposición por tiempo superior a una hora).

El promedio de decibeles de todas las mediciones realizadas es de 87 dB, por lo que en cualquier punto del recorrido habrá afectación directa por ruido.

#### ***Fase 5: Calificaciones de Gravedad, Ocurrencia y Detección.***

Una vez analizados los datos recolectados, se procedió a evaluar los posibles riesgos, modos de falla de cada una de las tres plantas y en los tres riesgos foco del presente estudio: ruido, temperatura e iluminación. En esta fase, se calificaron en una escala del 1 al 10 las tres características que se explicarán a continuación.

Lo que dice la herramienta FMEA en respecto a las calificaciones es que, se evaluarán tres características: Ocurrencia, gravedad y detección. Según Marcus, Hellwig (2020), la ocurrencia de un evento se refiere a un período de tiempo en el que los eventos tienen lugar juntos, posiblemente con alguna diferencia temporal (p.32). La gravedad de un evento se refiere al nivel de peligro o riesgo asociado a él, particularmente en términos de posibles lesiones personales (p.7) Oksana Yastremska-Kravchenko (2022). La detección para la metodología

FMEA se refiere a habilidad de identificar y prevenir un modo de falla antes de que cause un efecto negativo o de que el evento indeseado suceda.

Los modos de fallo que son más complicados de calificar en las tres características anteriormente mencionadas son mantenimientos o información de emergencia. Lo que se hizo fue solicitar ayuda de los controladores de las máquinas, jefes de las tres plantas y, por último, la jefa del departamento de seguridad industrial. Cada persona entregó sus calificaciones por separado para que el equipo tabule y compare las notas, en adición, el equipo de trabajo también entregó sus notas. Las calificaciones de los expertos se basan en experiencias, observaciones, conocimientos e intuiciones. La Tabla 22 detalla las calificaciones.

*Tabla 22: Calificaciones por modos de falla*

<b>CAMPO DE LA FALLA</b>	<b>TIPO DE LA FALLA</b>	<b>GRAVEDAD</b>	<b>OCURRENCIA</b>	<b>DETECCIÓN</b>
<b>ILUMINACIÓN</b>	Lámparas y focos en mal estado o que no funcionan	8	8	10
<b>RUIDO</b>	Exposición prolongada de los trabajadores a ruidos	8	10	8
<b>ILUMINACIÓN</b>	Escaza iluminación en puestos de trabajo	8	8	9
<b>ILUMINACIÓN</b>	Áreas oscuras o con poca iluminación	7	8	9
<b>RUIDO</b>	Falta de señaléticas de protección contra el ruido	8	9	7
<b>TEMPERATURA</b>	Sobrecalentamiento de equipos	7	7	7
<b>TEMPERATURA</b>	Exposición prolongada al calor	8	5	8
<b>ILUMINACIÓN</b>	Falta de mantenimiento de sistemas de iluminación	6	7	7
<b>RUIDO</b>	Falta de uso de protección auditiva	9	4	8

por parte de los  
trabajadores

Se debe de tener en cuenta que mientras la calificación se acerca más al 10 será más grave, más ocurrencias y mayor facilidad para detectar.

### ***Fase 6: Índice de Riesgo (Risk Priority Number).***

El Risk Priority Number (RPN) es una métrica utilizada en el análisis de riesgos o modos de falla. Calcula el valor numérico que ayuda a clasificar y priorizar los modos de falla más urgentes centrando así la atención en aquellos a los que tendrán una repercusión mayor. El RPN se calcula multiplicando la calificación de las tres características: Gravedad, Ocurrencia y Detección.

La Tabla 23 muestra los valores de RPN de cada uno de los modos de fallo identificados.

***Tabla 23: Valor de RPN***

<b>CAMPO DE LA FALLA</b>	<b>TIPO DE LA FALLA</b>	<b>(RPN)</b>
<b>ILUMINACIÓN</b>	Lámparas y focos en mal estado o que no funcionan	640
<b>ILUMINACIÓN</b>	Escasa iluminación en puestos de trabajo	576
<b>ILUMINACIÓN</b>	Áreas oscuras o con poca iluminación	504
<b>ILUMINACIÓN</b>	Falta de mantenimiento de sistemas de iluminación	294
<b>ILUMINACIÓN</b>	Falta de señalización luminosa de seguridad	216
<b>ILUMINACIÓN</b>	Carencia de luces más intensas de más de 200 luxes donde se necesite	196
<b>ILUMINACIÓN</b>	Falta de información sobre el tipo de luces de emergencia	125
<b>RUIDO</b>	Exposición prolongada de los trabajadores a ruidos	640
<b>RUIDO</b>	Falta de señaléticas de protección contra el ruido	504
<b>RUIDO</b>	Falta de uso de protección auditiva por parte de los trabajadores	288
<b>RUIDO</b>	Falta de protección auditiva	216
<b>RUIDO</b>	Exposición de ruido prolongado en áreas de descanso u oficinas	210
<b>RUIDO</b>	Exceso de vibraciones de las máquinas	175
<b>RUIDO</b>	Falta de mantenimiento a las maquinas trituradoras	140
<b>RUIDO</b>	Desgaste de protectores auditivos	72
<b>TEMPERATURA</b>	Sobrecalentamiento de equipos	343
<b>TEMPERATURA</b>	Exposición prolongada al calor	320
<b>TEMPERATURA</b>	Ausencia de sistemas de ventilación o enfriamiento adecuados	288
<b>TEMPERATURA</b>	Falla en el sistema de enfriado	147

<b>TEMPERATURA</b>	Falta de medidas de control de calor en áreas específicas	120
<b>TEMPERATURA</b>	Falta de conocimiento de exposición de calor	96
<b>TEMPERATURA</b>	Falta de zonas de descanso con temperatura controlada	90
<b>TEMPERATURA</b>	Incumplimiento de prácticas de hidratación	60

Se analizan los mayores valores del RPN por ruido, temperatura e iluminación, y se los ordena en un orden descendiente para priorizar aquellos más y menos significativos. Los de mayor valor tienen un mayor potencial de causar problemas.

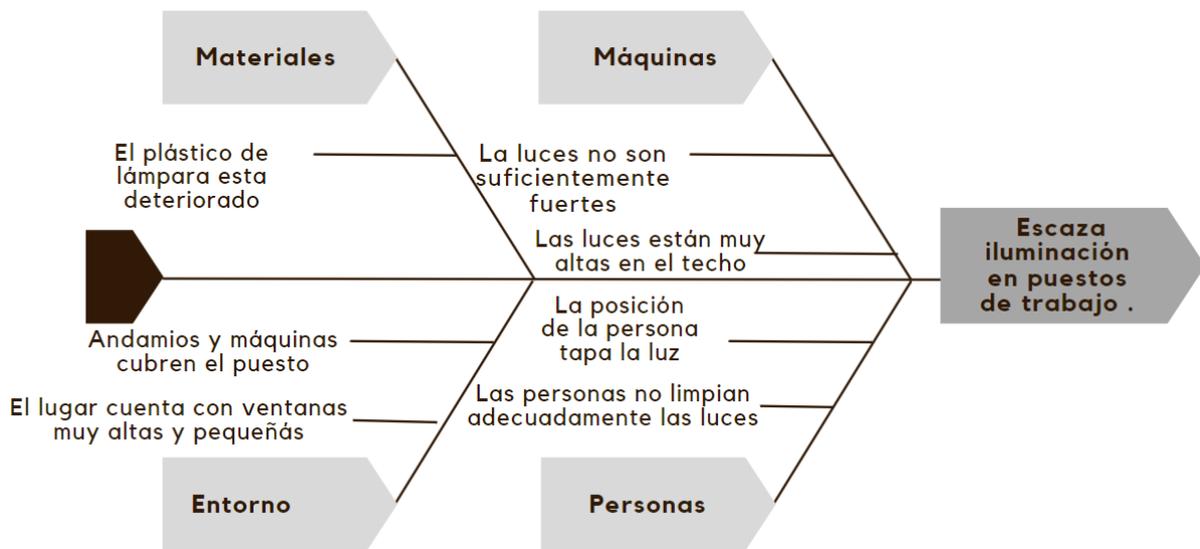
**Tabla 24: Valor de RPN ordenado de mayor a menor**

<b>CAMPO DE LA FALLA</b>	<b>TIPO DE LA FALLA</b>	<b>(RPN)</b>
<b>ILUMINACIÓN</b>	Lámparas y focos en mal estado o que no funcionan	640
<b>RUIDO</b>	Exposición prolongada de los trabajadores a ruidos	640
<b>ILUMINACIÓN</b>	Escaza iluminación en puestos de trabajo	576
<b>ILUMINACIÓN</b>	Áreas oscuras o con poca iluminación	504
<b>RUIDO</b>	Falta de señaléticas de protección contra el ruido	504
<b>TEMPERATURA</b>	Sobrecalentamiento de equipos	343
<b>TEMPERATURA</b>	Exposición prolongada al calor	320
<b>ILUMINACIÓN</b>	Falta de mantenimiento de sistemas de iluminación	294
<b>RUIDO</b>	Falta de uso de protección auditiva por parte de los trabajadores	288
<b>TEMPERATURA</b>	Ausencia de sistemas de ventilación o enfriamiento adecuados	288
<b>ILUMINACIÓN</b>	Falta de señalización luminosa de seguridad	216
<b>RUIDO</b>	Falta de protección auditiva	216
<b>RUIDO</b>	Exposición de ruido prolongado en áreas de descanso u oficinas	210
<b>ILUMINACIÓN</b>	Carencia de luces más intensas de más de 200 luxes donde se necesite	196
<b>RUIDO</b>	Exceso de vibraciones de las máquinas	175
<b>TEMPERATURA</b>	Falla en el sistema de enfriado	147
<b>RUIDO</b>	Falta de mantenimiento a las máquinas trituradoras	140
<b>ILUMINACIÓN</b>	Falta de información sobre el tipo de luces de emergencia	125
<b>TEMPERATURA</b>	Falta de medidas de control de calor en áreas específicas	120
<b>TEMPERATURA</b>	Falta de conocimiento de exposición de calor	96
<b>TEMPERATURA</b>	Falta de zonas de descanso con temperatura controlada	90
<b>RUIDO</b>	Desgaste de protectores auditivos	72
<b>TEMPERATURA</b>	Incumplimiento de prácticas de hidratación	60

En la Tabla 24 se observa que los cinco RPN más altos pertenecen a las áreas de ruido e iluminación. Los modos de falla más altos son Exposición prolongada de los trabajadores a

ruidos, Lámparas y focos en mal estado o que no funcionan y Escasa iluminación en puestos de trabajo.

El primer problema es sobre el área del ruido. Si se analiza porque tiene el RPN tan alto es porque, la planta no para de trabajar en ningún momento y en especial la máquina trituradora está encendida todo el tiempo. Por ende, los trabajadores pasan expuestos a ese ruido constante sin descanso. El segundo modo de fallo es el de las lámparas en mal estado, las razones encontradas pueden ser por falta de mantenimiento, algún cambio de energía repentino o la antigüedad de las lámparas. En la visita realizada por el equipo, se logró observar algunas de las luminarias apagadas o quemadas, tanto adentro en la planta como en los corredores de alrededor. Refutando la primera causa, sabemos que la planta cuenta con generadores y transformadores de energía industrial así que un golpe de energía no es el causante del problema. Por otro lado, se tiene la información de que esas luminarias fueron instaladas hace 3 años, entonces el problema radica ahí, el largo tiempo de las luminarias que han pasado sin mantenimiento. En la Figura 10, se encuentra un diagrama de pescado con las causas identificadas sobre este problema.



**Figura 10. Diagrama de Pescado para el tercer modo de falla más importante**

#### **Fase 7: Matriz de Riesgo IPER.**

Los puestos de trabajo analizados fueron determinados en colaboración con la jefatura de seguridad de planta, basándose en los estudios previos que ya mantenía la planta. Posteriormente se identificaron los riesgos asociados a cada uno de estos puestos de trabajo mediante cuidadosa observación de las actividades que se desarrollaban en los mismos. Se relacionaron los riesgos encontrados con los riesgos analizados y se seleccionaron los de mayor incidencia en los trabajadores; es decir, si un puesto de trabajo tiene más de un riesgo asociado, el riesgo considerado para la construcción de la matriz IPER será el de mayor severidad hacia el trabajador.

Para la evaluación de riesgos, se tomaron en cuenta dos valores, el primero la probabilidad de ocurrencia del evento o peligro y el segundo la gravedad en caso de ocurrencia, estos dos fueron evaluados en una escala del 1 al 10; donde para probabilidad de ocurrencia, 1 representa que no hay probabilidad de ocurrencia y 10 representa una probabilidad de

ocurrencia innegable. La gravedad fue evaluada en la misma escala, siendo 1 la gravedad con efectos a largo plazo y 10 la gravedad con efectos inmediatos. El nivel de riesgo se calculó por medio de la multiplicación de la probabilidad por la gravedad, se puede observar en la Tabla 25.

**Tabla 25. Matriz de riesgos IPER**

<i>Puesto de trabajo</i>	<b>Peligros</b>	<b>Evaluación de riesgos</b>		<b>Nivel de riesgo</b>
		Probabilidad	Gravedad	
1	Temperatura elevada	8	4	32
2	Nivel de ruido elevado	7	8	56
3	Nivel de ruido elevado	7	7	49
4	Poca intensidad de luz	9	6	54
5	Nivel de ruido elevado	8	7	56
7	Nivel de ruido elevado	8	7	56
8	Nivel de ruido elevado	7	5	35
9	Poca intensidad de luz	9	7	63
12	Temperatura elevada	8	8	64
31	Nivel de ruido elevado	9	8	72

***Fase 8: Matriz RMPP (Priorización de Peligros y Riesgos):***

. La matriz RMPP se relaciona con la matriz IPER, ya que comparten los riesgos identificados, sin embargo, el enfoque es diferente, IPER se centra evaluar e identificar riesgos mientras que la RMPP prioriza los peligros y riesgos en función de su importancia estratégica para la planta. Además, esta herramienta consiste en establecer la matriz de comparaciones de riesgo a partir de los valores asignados para la probabilidad y las consecuencias. El primer paso es el de identificar los riesgos del proyecto, paso realizado durante RPN. Los riesgos más importantes y los que se utilizarán para calcular esta matriz son los 10 con la calificación más alta. Los tres riesgos más relevantes son: Exposición prolongada de los trabajadores a ruidos Lámparas y focos en mal estado o que no funcionan, escasa iluminación en puestos de trabajo.

Una vez identificados estos riesgos, se debe encontrar el impacto en las consecuencias estratégicas. Se identificaron 8 riesgos estratégicos que serán calificados por gravedad y ocurrencia (ver Tabla 26).

**Tabla 26. Riesgos estratégicos de la empresa**

**TIPO DE FALLA ESTRATÉGICA**

PÉRDIDA DE PRODUCTIVIDAD
EMPATO EN LA SALUD Y SEGURIDAD DE LOS TRABAJADORES
RIESGO DE PARALIZACIÓN DE OPERACIONES
RIESGO DE INCUMPLIMIENTO NORMATIVO
IMPACTO EN LA REPUTACIÓN DE LA EMPRESA
COSTOS DE REPARACIÓN Y MANTENIMIENTO INESPERADOS
PÉRDIDA DE COMPETITIVIDAD
COSTOS DE COMPENSACIÓN Y LITIGIOS

Se calcula en una escala del 1 al 10 la gravedad y la posible ocurrencia de estos riesgos. Las calificaciones de gravedad se las asignó mediante las siguientes preguntas al equipo de trabajo: ¿Cuál es el resultado más negativo que podría originarse como consecuencia de este riesgo? ¿Cuáles son los peores daños que podrían sufrirse como consecuencia de este riesgo? ¿Qué tan difícil será recuperarse de este riesgo? Por otro lado, las calificaciones de ocurrencia se signaron con estas preguntas: ¿Ya ha ocurrido este riesgo antes? y, de ser así, ¿con qué frecuencia? ¿Existen riesgos similares a este que hayan ocurrido en el pasado? ¿Puede llegar a darse este riesgo? y, de ser así, ¿qué probabilidad hay de que ocurra? Hay que destacar que el aporte tanto del equipo de trabajo como, la información dada por los jefes de planta, jefa del departamento de Seguridad Industrial es esencial.

Con esos datos se realizó la matriz RMPP (ver Tabla 27).

**Tabla 27: Matriz RMPP**

		Gravedad				
		Insignificante 1	Menor 2	Moderada 3	Importante 4	Catastrófica 5
Ocurrencia	Muy probable 5	5	10	15	20	25
	Probable 4	4	8	12	16	20
	Posible 3	Costos de Compensación y Litigios		Impacto en la Salud y Seguridad de los Trabajadores		
		3	6	9	12	15
	No es probable 2		Riesgo de Incumplimiento Normativo	Costos de Reparación y Mantenimiento Inesperados	Riesgo de Paralización de Operaciones	Pérdida de Productividad
		2	4	6	8	10
	Muy improbable 1		Impacto en la Reputación de la Empresa		Pérdida de Competitividad	
		1	2	3	4	5

Se puede observar que el riesgo estratégico (ver Tabla 26) con valor más alto es el relacionados con el ruido y la temperatura. El riesgo Pérdida de Productividad tiene el valor más alto con 15 puntos, los modos de falla atrás de este es Exposición prolongada de los trabajadores a ruidos y Escasa iluminación en puestos de trabajo. El segundo con mayor valor es: Riesgo de Paralización de Operaciones cuyos modos de falla son de igual manera ruido y temperatura: Escasa iluminación en puestos de trabajo, Falta de señaléticas de protección contra el ruido, Exposición prolongada al calor.

## ***Implementar***

### ***Acciones de Mitigación.***

Todas las matrices, diagramas de Pareto, Diagramas Ishikawa, diseño de plantas y tablas, se usaron para identificar los puntos más críticos que se debe de corregir en relación con los factores analizados. Las acciones se dividieron en dos partes: la primera que es la planificación de la implementación, la socialización y comunicación asertiva con los operarios pertinentes, siendo los riesgo más urgentes e importantes los relacionados con ruido, temperatura e iluminación. Cada riesgo tendrá un plan de implementación por separado.

Se sabe que una de las partes más importantes son las implementaciones hechas en la empresa de reciclaje. El plan de acción era de hacer una implementación en la empresa por cada área (temperatura y humedad, ruido, iluminación y una en común) es decir se hubieran hecho 4 implementaciones. Además, se elaboraron planes de implementación, análisis financieros completos de 2 implementaciones a largo plazo de cada área, es decir 6 implementaciones más. Sin embargo, surgió un inconveniente, la planta de reciclaje se encuentra en mantenimiento de infraestructura y máquinas, sin previo aviso al equipo de trabajo. Por ende, la empresa está cerrada hasta finales de diciembre y solo puede entrar personal estrictamente necesario.

Por esta razón, las implementaciones que se deseaban realizar y eran posibles, se postergaron hasta que la planta reabra. Sin embargo, las implementaciones están hechas y listas para entregar a la empresa.

## ***Temperatura***

### **Sistema de Hidratación**

Estas implementaciones serán aplicadas principalmente en la planta descontaminación y paletizado, ya que es la única que sobrepasa el nivel mínimo de temperatura ambiental y de puestos de trabajo.

La primera implementación que se realizó en la empresa fue la propuesta de “Hidratación Segura”. En lo que consiste es, la implementación de un sistema de canales de agua purificada integrado a la estructura de la empresa. Esto con el fin de que haya puntos de hidratación, en lugares estratégicos. En estos puestos encontrarán bebederos y estaciones para rellenar botellas, tomados o vasos.

La finalidad de esta implementación es la de mantener hidratados a todos los trabajadores de las tres plantas. Los beneficios de mantenerte hidratado en tu puesto de trabajo según M. Martínez son el refuerzo de las capacidades cognitivas, reducción de la fatiga por calor laboral, alivios corporales y alivia la fatiga (p.9-10). Estos beneficios tienen repercuten directamente en el aumento productivo de cada individuo, por ende, aumenta la producción de la empresa.

El bebedero que se desea comprar debido a su gran durabilidad, montaje en pared y calidad se encuentra en la Figura 11



**Figura 11. Bebedero doble ELKAY**

Debido a la escasez de producción de este tipo de bebederos, estos se los deberá de traer desde los Estados Unidos. El precio unitario es de 30000 dólares, a esto hay que añadir la cantidad que hay que pagar por los impuestos y aranceles que, para este equipo son de alrededor de 9000, también el costo de envío desde las bodegas en Miami es de 150 dólares el flete, y por último gastos de despacho aduanero que serían de un costo fijo de 250. Este producto ya cuenta con un filtro y un enfriador integrador.

En la Tabla 28 se encuentra detallado los costos para traer el equipo

**Tabla 28: Costo del equipo y los costos de traslado y transporte aduanero**

<b>TIPO DE COSTO</b>	<b>COSTO</b>
<b>VALOR MAQUINA</b>	\$30.000,00
<b>SEGURO</b>	\$300,00
<b>FLETE</b>	\$150,00
<b>CIF (COST INSURANCE AND FREIGHT)</b>	\$30.450,00
<b>ARANCEL</b>	\$9.135,00

<b>IVA</b>	\$4.932,90
<b>FODINFA</b>	\$1.522,50
<b>COSTO ADUANERO</b>	\$250,00
<b>TOTAL</b>	<b>\$46.290,40</b>

Por otro lado, se debe de tener en cuenta el gasto del agua potable utilizada para que los bebederos funcionen. Según se estimó la demanda en litros diaria se aproxima a 40 litros. Por ende, el gasto en agua potable sería de 150-200 dólares

Por último, el costo de instalación del bebedero y de la adecuación de la infraestructura de la planta. Junto con un ingeniero civil de la USFQ se calcularon los siguientes costos de manera macro que se encuentran en la Tabla 29.

*Tabla 29: Costos de instalación*

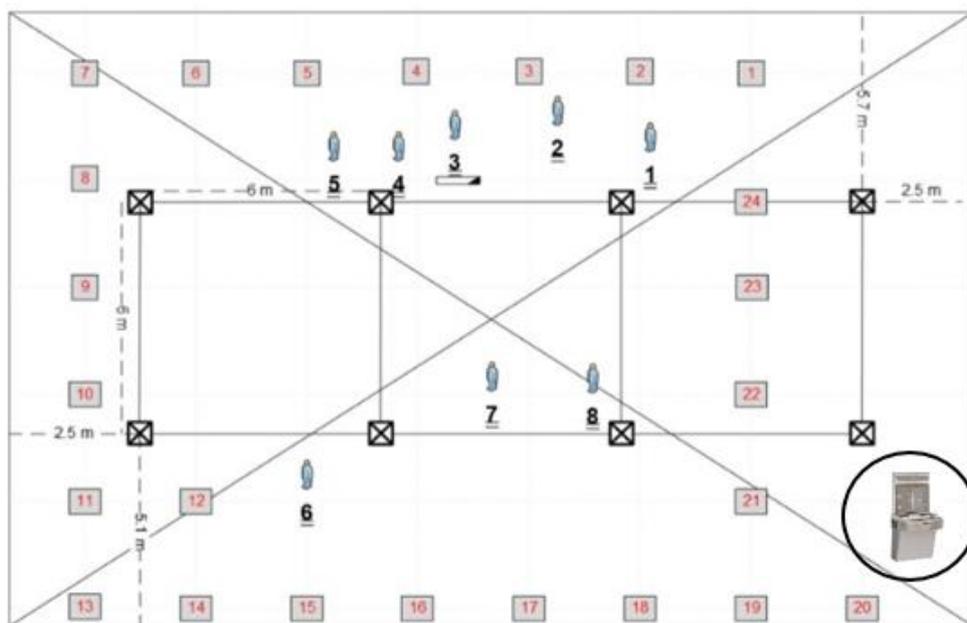
<b>TIPO DE COSTO</b>	<b>COSTO</b>
<b>MATERIALES</b>	\$500,00
<b>MANO DE OBRA</b>	\$2.000,00
<b>TRABAJOS DE PLOMERÍA</b>	\$450,00
<b>CONEXIONES ELÉCTRICAS</b>	\$450,00
<b>PREPARACIÓN DEL SITIO</b>	\$500,00
<b>TRANSPORTE</b>	\$200,00
<b>TOTAL</b>	<b>\$4.100,00</b>

Por ende, el costo total de adquirir esta máquina es de \$50.540,40. Este sería por una unidad.

Por otro lado, el tiempo que se demoraría en que estuviera ya instalado este sistema depende de: Tiempo en que la planta despacha el producto 3-4 días, hasta que llega a la bodega, Tiempo de embarque y desaduanización de 5-7 días, tiempo de adecuación de las instalaciones

e instalación tomaría de 6-9 días. Esto da un tiempo aproximado de 28-30 días, tomando en cuenta cualquier inconveniente que retrase la ejecución.

Este equipo será colocado en la planta descontaminación y paletizado, ya que es donde la temperatura no cumple los estándares de temperatura para un puesto de trabajo, según las normativas ecuatorianas. Donde está el círculo negro en la figura 12, donde se colocará el bebedero. La razón es que estaría cerca del puesto de trabajo y también estaría cerca de la puerta que conecta con otra área. Por ende, existen dos ventajas claras para ubicarla ahí.



**Figura 12. Layout de la planta de descontaminación y paletizado con la ubicación del bebedero**

El impacto que tendrá la implementación de este equipo es sumamente efectivo y ayudara a la ganancia de la empresa. Gracias al estudio del doctor C. Rodríguez (2015) realizado en una planta productora similar, que cuenta con dimensiones similares, se pudo desarrollar la siguiente información en la Tabla 30.

**Tabla 30: Beneficios de la implementación de bebederos reflejados en la producción diaria**

BENEFICIOS	VALOR
REDUCCIÓN DE LA FATIGA	10,00%
AUMENTO DE PRODUCTIVIDAD	7,00%
KG QUE AUMENTARÁN	10,5
NUEVOS KG DIARIOS	<b>15010,5</b>

Debido a la gran complejidad de Logística, de tiempo y sobre todo de dinero, se sugirió empezar con una idea similar aplicable, pero a menor escala. Lo que se hizo es que se hizo es la gestión para obtener un botellón de agua en el mismo lugar. Se lo colocó en una mesa, la cual estaba dotada de vasos. La evidencia de la implementación se observa en la figura 13. Se observa que la mesa, la base del botellón, los insumos y el botellón se encuentran en la posición recomendada.



*Figura 13: Bebedero de agua mediante botellón*

## **Sistema de Aire Acondicionado**

La segunda implementación de sugerencia de mejora es la propuesta “Ventilación Fresca”. Esta propuesta consiste en, la colocación de dos equipos de aires acondicionados industriales en la planta de descontaminación y paletizado. Este equipo se muestra en la Figura 14.



*Figura 14: Aire Acondicionado RS-BX compacto horizontal techo*

La finalidad de esta propuesta es la de reducir la temperatura excesiva que existe en la planta. Mediante la activación de estos equipos, podremos tener un control total de la temperatura del ambiente. Estos equipos funcionan con un sensor de temperatura el cual, si llega a cierta temperatura configurado por el operario, se enciende y empieza a enfriar. Esto nos ayudará significativamente en los efectos secundarios causados por la fatiga del calor.

Los equipos de aire acondicionado seleccionados fueron los de la empresa CORA Refrigeration, empresa ecuatoriana, con más de 10 años de experiencia en el mercado de ventilación y refrigeración en el país. Mediante una charla y cotización de precios con esta empresa, nos ayudaron con los siguientes valores que se encuentran en la siguiente Tabla 31.

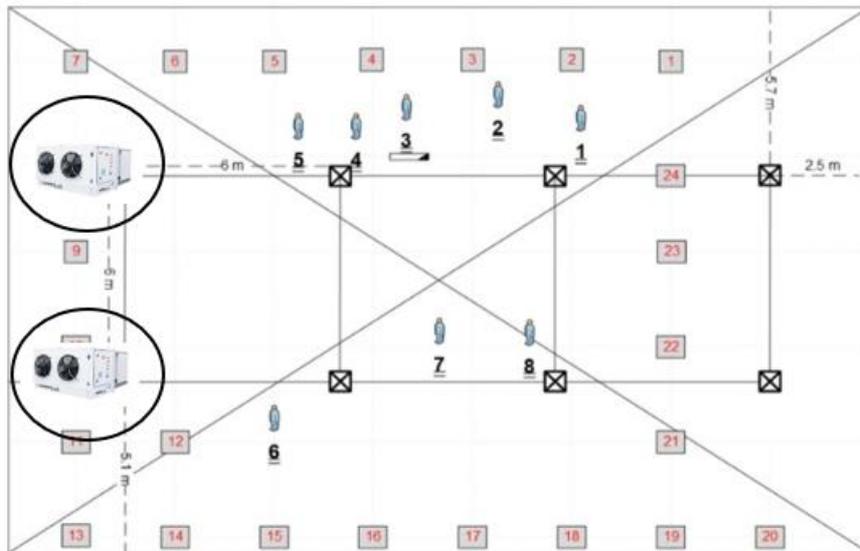
**Tabla 31: Costo del equipo y los costos de traslado y transporte aduanero**

<b>TIPO DE COSTO</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>VALOR</b>
<b>EQUIPO DE AIRE ACONDICIONADO</b>	2	\$25.000,00
<b>MANTENIMIENTO</b>	2 al año	\$250,00
<b>GASTO ENERGÉTICO</b>		\$800,00
<b>TOTAL</b>		<b>\$26.050,00</b>

Dentro del costo del equipo, ya se encuentran cotizados el costo de materiales, costo de inspección de la planta, costo de preparar el lugar específico de la instalación, costo de transporte y costo de instalación. El costo de mantenimiento está concebido para una vez cada seis meses, no se está considerando el cambio de alguna pieza, únicamente limpieza de tuberías y cambios de filtros. De manera que, el costo total aproximado para colocar estos dos equipos en la planta sería de alrededor de 26000-28000 dólares.

El tiempo que de espera lo dividieron en dos fases: hacer el pedido del equipo que no se encuentra en stock y el tiempo de instalación. El primer periodo de tiempo toma de 60 a 75 días y todo lo que involucra la instalación es 15 días. El tiempo de espera desde hacer la orden de pedido hasta que funciona en la planta es de 80-90 días, 3 meses.

La ubicación y el número de equipos que se necesitan también fue bajo la supervisión de CORA. Se decidió que serían dos equipos, debido al tamaño y la temperatura generada en esta planta. En la Figura 15 se señalan con un círculo negro la posición exacta donde se instalarían los dos equipos; tener en cuenta que estas máquinas estarán en el techo.



**Figura 15: Layout de la planta descontaminación y paletizado con la ubicación de los dos aires acondicionados**

Los beneficios obtenidos se calcularon de la misma manera que los del punto anterior. Se puede observar que esta mejora, aumenta en un doble por ciento la de la anterior medida y generan una reducción de la fatiga mayor. Una solución que aumenta en 2250 Kg la producción diaria

**Tabla 32: Beneficios de la implementación de dos equipos de aire acondicionado reflejados en la producción diaria**

BENEFICIOS	VALOR
REDUCCIÓN DE LA FATIGA	20,00%
AUMENTO DE PRODUCTIVIDAD	15,00%
KG QUE AUMENTARÁN	22,5
NUEVOS KG DIARIOS	15022,5

Debido a la gran dificultad por el tema económico y temporal, esta medida se la aplicara a su debido tiempo. La gerencia general y el departamento financiero tienen que aprobar la idea y ver si el presupuesto entra dentro de lo solicitado. Tomará tiempo, pero ver la solución concretada pero los resultados serán muy importantes. En la parte de control se dará seguimiento a esta implementación

### ***Iluminación***

#### **Implementación de Pintura reflectante**

La implementación de pintura reflectantes se llevará a cabo en las áreas de bodega de transición, y en la de descontaminación y paletizado debido a que es el área más transitada por montacargas, operadores y grúas móviles. La pintura servirá para delimitar claramente las zonas de tránsito y almacenamiento de productos, contribuyendo a un ambiente de trabajo más organizado.



**Figura 16: Pintura Alumnol**

En términos financieros, el costo de pintado de las zonas de tránsito y almacenaje en las áreas previamente mencionadas se presentan en la Tabla 33. Junto con un ayudante de Kiwi se calcularon los siguientes costos de manera macro que se encuentran en la Tabla 33

**Tabla 33: Análisis financiero de implementación de pintura reflectante**

<b>TIPO DE COSTO</b>	<b>COSTO</b>
<b>MATERIALES (TARROS DE PINTURA Y BROCHAS)</b>	\$174,93
<b>MANO DE OBRA</b>	\$150,00
<b>TRANSPORTE</b>	\$20,00
<b>TOTAL</b>	<b>\$344,93</b>

La aplicación de pintura reflectante está prevista que se realice al final de la jornada laboral a partir de las 18 horas del sábado del mes entrante. La elección de este tiempo corresponde a la necesidad de considerar el tiempo necesario para que la pintura reflectante se seque suficientemente. Una vez finalizada la instalación del pintado de líneas de transporte y almacenamiento, estimada en aproximadamente 7 horas, comienza la fase de secado. El secado tarda aproximadamente 8 horas. Este plan estratégico tiene como objetivo minimizar la interrupción de los procesos de trabajo posteriores. Según Cadena (2023) La aplicación de esta medida de seguridad en La Fabril, resultó en un decrecimiento de incidentes laborales en un 8% en el año 2021.

### **Sistema de iluminación LED eficiente**

El propósito principal de esta implementación es mejorar la eficiencia energética en un 10% en la bodega de transición y en el área de moliendo y lavado mediante la implementación de iluminación LED eficiente. Este cambio no solo optimizará el consumo de energía, sino que también prolongará la vida útil de las luminarias.

A continuación, se presenta el tipo de luminaria necesario para el cambio:



*Figura 17. Luminaria LED INDUSTRIAL TR-HBG-150W 120*

El uso de luminarias LED industrial de alta eficiencia en una planta de reciclaje ofrece beneficios clave, como una notable reducción en los costos de electricidad en un 10% gracias a su eficiencia energética y una resistencia superior a vibraciones hasta de 100HZ.

En relación con la sección de molienda y lavado, de acuerdo a los resultados expuestos en la Tabla (ver Tabla 13), se observa que no se cumple con la luminancia mínima estipulada (100 lux, de acuerdo con el Decreto 2393) durante el turno nocturno. En virtud de ello, se recomienda la sustitución de las luminarias situadas en el perímetro exterior de la planta, específicamente en la región destinada a la apertura de pacas de botellas PET, identificada en los puntos de medición 26, 27, 28 y 29.

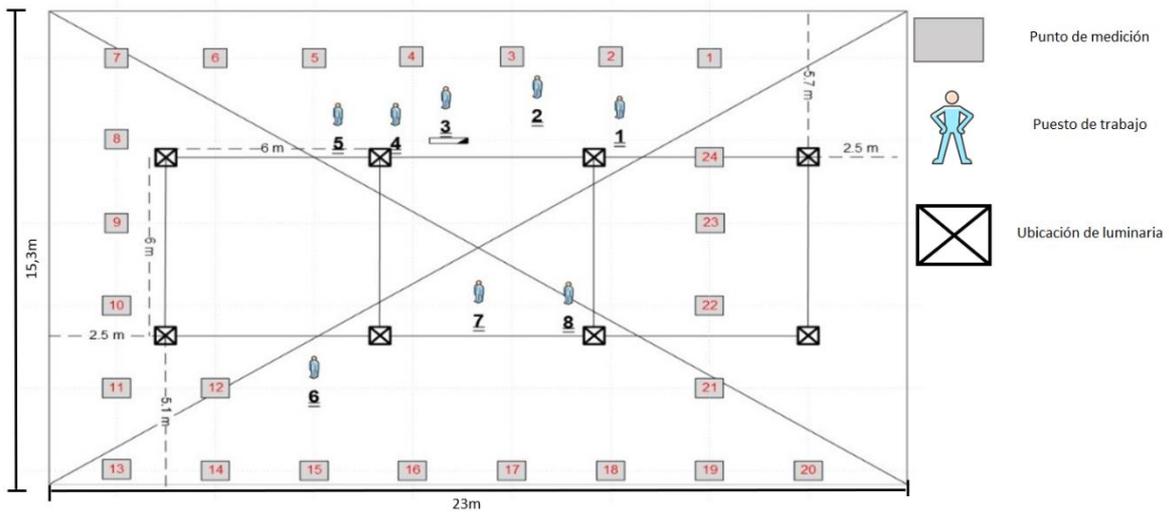


*Figura 18. Zona de traslado y apertura de pacas (15.6m x 7.4m) – Periferia de planta de moliendo y lavado*

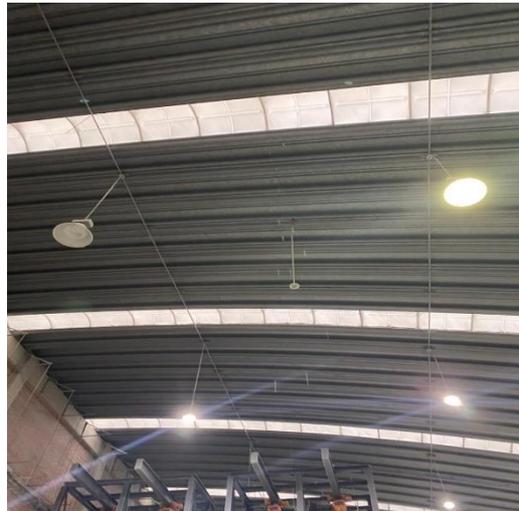


*Figura 19. Zona de apertura de pacas - Vista externa en jornada nocturna*

Con respecto a la bodega de transición, se recomienda cambiar las luminarias defectuosas ubicadas en el punto de medición 11, 15, y 17 debido a que no están funcionando bodega de transición ubicadas en el diseño de planta a continuación:



**Figura 20: Diseño de bodega de transición**



**Figura 21: Luminarias defectuosas en bodega de transición**

Las luminarias LED INDUSTRIAL TR seleccionados fueron los de la empresa Greendex Light, empresa ecuatoriana. Mediante una charla y cotización de precios con esta empresa, nos ayudaron con los siguientes valores que se encuentran en la siguiente Tabla 34.

**Tabla 34: Análisis financiero luminarias LED industriales TR**

TIPO DE COSTO		CANTIDAD	VALOR
<b>LUMINARIA</b>	<b>LED</b>	7	\$180,00
<b>INDUSTRIAL TR-HBG-</b>			
<b>150W 120</b>			
<b>MANTENIMIENTO</b>		2 al año	\$230,00
<b>INSTALACIÓN</b>			\$300,00
<b>TOTAL</b>			<b>\$1790,00</b>

El reemplazo de las luminarias defectuosas se ejecutaría al durante el primer día domingo del mes entrante a partir de las 9am. La elección de esta hora corresponde al tiempo de instalamento por parte de dos electricistas, estimado de 5 horas (Vélez, 2023). Una vez finalizada la instalación de las luminarias, se procede a comprobar su funcionamiento en horario de jornada nocturno (a partir de las 16 horas). Según Vélez, el tiempo total entre instalación y comprobación es de 6 horas (2023). Este plan estratégico tiene como objetivo minimizar la interrupción de los procesos de trabajo posteriores. Según Vélez (2023) La aplicación de esta medida de seguridad en Logística Integral Grayhound S.A, resultó en un decrecimiento de incidentes laborales en un 4% en el año 2022.

### **Lámparas para escritorios de trabajo**

Proporcionar a cada empleado una lámpara de escritorio ajustable que pueda dirigir la luz para satisfacer sus necesidades laborales específicas. Esto garantiza una iluminación personalizada y reduce la fatiga visual en un 15%.



*Figura 22: Lámpara de estudio hb-110740 57cm de altura negra con brazo movable  
+ seguro ajustable color negro*

*Tabla 35: Análisis financiero de implementación de lámparas de escritorios*

TIPO DE COSTO	COSTO
MATERIALES (LÁMPARAS DE ESCRITORIO)	\$379.99
TRANSPORTE	\$20,00
<b>TOTAL</b>	<b>\$399,99</b>

La implementación de estas lámparas puede realizarse en cualquier momento de la jornada laboral ya que no interfiere con actividades y se llevaría a cabo por cada operador individualmente.

### ***Ruido***

#### **Implementación de señalética de seguridad.**

La solución propuesta será aplicada en las tres plantas de la planta recicladora.

La primera propuesta de implementación que se realizó en la empresa fue la propuesta de señalar en los puntos de entrada a la planta la obligatoriedad del uso de protección auditiva. En lo que consiste es, poner carteles como el que se muestra en la Figura 23 a continuación, en las entradas a las plantas para que las personas que entren a su turno de trabajo recuerden que el uso de protección auditiva es obligatorio. Esto ya que se ha observado que hay personal que no usa protección auditiva y el olvido puede ser una de las causas más comunes.



*Figura 23: Ejemplo de carteles de seguridad*

*Figura 2: Ejemplo de carteles de seguridad*

La finalidad de esta implementación es la de reducir una exposición de los trabajadores a ruidos elevados, por medio del uso de protección auditiva, esto a su vez haría que las consecuencias asociadas a larga exposición se reduzcan. Los beneficios de recordar que el uso de protección auditiva es obligatorio según Ramírez (2007) no están relacionados con la reducción en la fatiga de los empleados, sin embargo, si se puede ver el aumento en la productividad de cada trabajador y por consecuencia, la producción de la empresa aumenta de manera proporcional.

Los costos asociados a la implementación de la señalética se detallan a continuación, donde se pueden ver los valores de materiales y mano de obra, estos dos costos ya que los carteles son el material (100 carteles) y la mano de obra es el costo de colocar los carteles (1\$ por cartel).

**Tabla 36: Costos de instalación**

<b>TIPO DE COSTO</b>	<b>COSTO</b>
<b>MATERIALES</b>	\$700,00
<b>MANO DE OBRA</b>	\$100,00
<b>TOTAL</b>	<b>\$800,00</b>

La implementación de esta propuesta puede realizarse de manera inmediata, el tiempo de colocar 100 carteles fue calculado en aproximadamente tres días. Por lo que, el tiempo de implementación es relativamente corto.

El impacto que tendrá la implementación de este equipo es sumamente efectivo y ayudara a la ganancia de la empresa. De acuerdo con Ramírez (2007) donde expone los beneficios asociados a la colocación de carteles a modo de recuerdo del uso obligatorio de protección auditiva, estos beneficios se encuentran resumidos en la Tabla 37.

**Tabla 37: Beneficios de la colocación de señalética**

<b>BENEFICIOS</b>	<b>VALOR</b>
<b>REDUCCIÓN DE LA FATIGA</b>	0%
<b>AUMENTO DE PRODUCTIVIDAD</b>	7%
<b>KG QUE AUMENTARAN</b>	10

NUEVOS KG DIARIOS	155
-------------------	-----

### **Implementación de rotación de turnos.**

La solución propuesta será aplicada en las plantas de descontaminación y paletizado, junto con la planta de molienda y lavado, ya que en estas dos plantas son las que más influencia de alto ruido se pudo identificar.

La segunda propuesta de implementación que se realizó en la empresa fue la propuesta de rotación de turnos. En lo que consiste es, la implementación de un sistema de planificación de turnos para que las personas no tengan que estar expuestos a ruidos constantes y elevados durante todos los días de su jornada laboral. Esto con el fin de que se reduzca la exposición a ruidos elevados y prolongados.

La finalidad de esta implementación es la de tener una exposición de los trabajadores a ruidos elevados más distribuida entre todos, por lo que las consecuencias asociadas a larga exposición se reducen al mínimo. Los beneficios de no tener exposición prolongada al ruido según Hernández (2019) son el refuerzo de la reducción de la fatiga, alivio mental por la no exposición y el alivio físico ya que usualmente, el ruido viene asociado con vibraciones. Estos beneficios están estrictamente correlacionados con el aumento en la productividad de cada trabajador y por consecuencia, la producción de la empresa aumenta de manera proporcional.

Dado que la rotación de empleados es un cambio interno que tiene repercusiones directas en la economía de la empresa, el costo de la implementación de esta sugerencia sería de 0\$. La rotación de empleados implicaría que el trabajador que hoy esté en el puesto de trabajo #11, el siguiente turno va a estar en el puesto de trabajo #4 por lo que su exposición al ruido se reduciría de manera considerable. Sin embargo, es necesario realizar un análisis previo

de que puestos implican habilidades necesarias, ya que hay puestos que no podrían ser rotados al no tener empleados que tengan las habilidades necesarias para poder realizar el trabajo.

La implementación de esta propuesta puede ser inmediata por lo que tiempo de aplicación de la sugerencia sería de 0 días, esto sin considerar el tiempo necesario para planificar los turnos y realizar el análisis de que puestos de trabajo pueden ser rotados ya que no son necesarias habilidades especiales para realizar el trabajo.

El impacto que tendrá la implementación de esta medida es sumamente efectivo y ayudara a la ganancia de la empresa. Gracias al estudio realizado por Sánchez (2005) donde expone sus hallazgos al realizar la rotación de empleados, la información obtenida se pudo resumir en la Tabla 38 mostrada a continuación.

**Tabla 38: Beneficios de la implementación de rotación de turnos en la producción diaria**

<b>BENEFICIOS</b>	<b>VALOR</b>
<b>REDUCCIÓN DE LA FATIGA</b>	25%
<b>AUMENTO DE PRODUCTIVIDAD</b>	10%
<b>KG QUE AUMENTARAN</b>	15
<b>NUEVOS KG DIARIOS</b>	229

#### **Implementación de un cuarto de descanso insonorizado.**

La solución propuesta será aplicada en las plantas de descontaminación y paletizado, junto con la planta de molienda y lavado, ya que en estas dos plantas son las que más influencia de alto ruido se pudo identificar. Sin embargo, el acceso al cuarto de descanso insonorizado no estará limitado a las personas que operan en alguna de estas plantas, cualquier persona que trabajé en la planta recicladora podrá acceder.

La tercera propuesta de implementación que se realizó en la empresa fue la propuesta de creación de un lugar de descanso que se encuentre insonorizado. En lo que consiste es, la implementación de un cuarto de descanso donde los trabajadores puedan asistir antes, durante y después de su jornada laboral, esto para que puedan tener un lugar donde tomar un momento alejado del calor y ruido propio de las máquinas de las cuales trabajan constantemente. Esto con el fin de que se la exposición a ruidos elevados y prolongados sea contra restado con el silencio de un cuarto de descanso.

La finalidad de esta implementación es la de reducir una exposición de los trabajadores a ruidos elevados, por lo que las consecuencias asociadas a larga exposición se reducen al mínimo. Los beneficios de no tener exposición prolongada al ruido según Hernández (2019) son el refuerzo de la reducción de la fatiga, alivio mental por la no exposición y el alivio físico ya que usualmente, el ruido viene asociado con vibraciones. Estos beneficios están estrictamente correlacionados con el aumento en la productividad de cada trabajador y por consecuencia, la producción de la empresa aumenta de manera proporcional.

Los costos asociados a la construcción del cuarto de descanso insonorizado se detallan a continuación, donde se pueden ver los valores de materiales, mano de obra, aprobación de planos, contratación de un arquitecto, entre otros costos asociados.

***Tabla 39: Costos de instalación***

<b>TIPO DE COSTO</b>	<b>COSTO</b>
<b>MATERIALES</b>	\$2.300,00
<b>MANO DE OBRA</b>	\$2.100,00
<b>TRABAJOS DE PLOMERÍA</b>	\$550,00
<b>CONEXIONES ELÉCTRICAS</b>	\$550,00

<b>ARQUITECTO</b>	\$500,00
<b>PREPARACIÓN DEL SITIO</b>	\$500,00
<b>TOTAL</b>	<b>\$6.500,00</b>

La implementación de esta propuesta dado el tiempo de construcción y de preparación del terreno; el tiempo de construcción en sí será de 15 días, por lo que tiempo de mano de obra está considerado para este tiempo, el tiempo de aprobación de planos no está siendo considerado ya que esto no está relacionado con la empresa directamente, no se puede controlar. El costo del arquitecto es considerando la aprobación de planos y visitas cada 3 días para supervisión de los avances en obra.

El impacto que tendrá la implementación de este equipo es sumamente efectivo y ayudara a la ganancia de la empresa. Gracias a la política industrial presentada por Myro (1994) donde expone los beneficios asociados a la implementación de cuartos de descanso en industrias con altos niveles de ruido, estos beneficios se encuentran resumidos en la Tabla 40 mostrada a continuación.

**Tabla 40: Beneficios de la implementación de cuartos de descanso en la producción diaria**

<b>BENEFICIOS</b>	<b>VALOR</b>
<b>REDUCCIÓN DE LA FATIGA</b>	15%
<b>AUMENTO DE PRODUCTIVIDAD</b>	7%
<b>KG QUE AUMENTARAN</b>	10.50
<b>NUEVOS KG DIARIOS</b>	160.50

### *Cultura de Seguridad Industrial*

La implementación que se realizará en este apartado abarcará más de las tres áreas especificadas (temperatura, ruido e iluminación) tiene un enfoque global en el tema de seguridad. Consiste en elaborar pancartas o letreros de alta calidad en los cuales se especifiquen las principales normas de seguridad industrial, para mantener un ambiente seguro. Estos letreros recordaran diariamente a los trabajadores a cumplir con las medidas de seguridad ya establecidas, dentro de la planta. Este cartel se encuentra en la Figura 24.



**Figura 24: Cartel de Fundamentos de Seguridad de Procesos. M. Martínez (2018)**

La finalidad de esta propuesta es crear una cultura de responsabilidad en el tema seguridad industrial. Es una implementación que engloba mucho más que una sola área, proceso o planta de trabajo, se enfoca en el trasfondo de la seguridad. Se espera obtener más interés en la seguridad de la empresa, más compromiso con las normativas y más ayuda integral entre miembros del equipo.

Los costos de este cartel son sumamente económicos en comparación con los análisis financieros anteriores. Este cartel fue diseñado, impreso, transportado y colocado por los miembros partícipes de este informe. Por lo tanto, los costos no serán elevados, los mismo están especificados en la Tabla 40.

**Tabla 40: Costos de elaboración del Cartel de Seguridad**

<b>TIPO DE COSTO</b>	<b>VALOR</b>
<b>MANO DE OBRA</b>	\$250,00
<b>IMPRESIÓN</b>	\$20,00
<b>TRANSPORTE</b>	\$10,00
<b>INSTALACIÓN</b>	\$20,00
<b>TOTAL</b>	<b>\$300,00</b>

El tiempo que se demora desde que se elabora el diseño y se instala es de alrededor de 4 a 5 días. Dependiendo del número de carteles que se necesiten, sin embargo, para esta primera fase, se necesitarán 2 carteles que se distribuirán estratégicamente por la empresa.

La ubicación del primer cartel es junto a la cartelera principal de la planta de moliendo y lavado, ya que es la parte más concurrida de la empresa. El segundo cartel fue ubicado entre la planta de descontaminación y paletizado y la bodega de transición, de manera que cubra dos áreas. En la Figura 25 y la Figura 26 se encuentra evidencia de lo anterior mencionado.



*Figura 25: Cartel de Seguridad Industrial planta de Molienda y Lavado*



*Figura 26: Cartel de Seguridad Industrial planta de Descontaminación y Paletizado Y Bodega de Transición*

### **Control**

El plan de control de las implementaciones en la planta de reciclaje es crucial para monitorear su impacto positivo a largo plazo (Kolbusa, 2013, p.26). Para ello, hemos decidido

realizar un plan de seguimiento que proporciona una estructura específica para cada una de las variables analizadas (temperatura, iluminación, ruido, y humedad).

Para asegurarnos de un monitoreo correcto, en conversaciones con el departamento de seguridad industrial de la planta de reciclaje (Fuentes et. Al, 2023), definimos Indicadores Claves de Rendimiento (KPI's) que nos indicarán el estado de las variables analizadas (ver Tabla 41)

**Tabla 41: Resumen de sistema de monitoreo**

	KPI'S DEFINIDOS	FRECUENCIA DE REVISIONES	TIEMPO DE REVISIÓN
<b>TEMPERATURA</b>	Temperatura Ambiente (medición de los grados centígrados en la planta de peletizado)	Mensuales	4 horas
<b>HUMEDAD</b>	Porcentaje de Humedad (g / m <sup>3</sup> ) Medición del porcentaje de humedad en el ambiente.	Mensuales	30 minutos
<b>RUIDO</b>	Nivel de ruido (medición de dB en los lugares de mediciones seleccionados)	Trimestrales	2 horas
<b>ILUMINACIÓN</b>	Consumo energético (kw), niveles de iluminación (luxes), reducción de numero de colisiones	Trimestrales	2 horas

Subsecuente al establecimiento de KPI's, se realizará la misma recopilación de datos ejecutada en la parte de mediciones (ver sección Medir) con periodicidad trimestral, en los 88 puntos de medición establecidos. Este proceso tiene como objetivo actualizar regularmente un panel de indicadores digitales (ver Figura 26) con los KPI's detallados en la Tabla 41 que contiene datos actualizados, brindando así una representación en tiempo real del rendimiento y seguridad en la planta.

- Programa de monitoreo continuo



**Figura 26. Vista de Panel de indicadores (KPI's)**

## CONCLUSIONES

- El uso del método de medición de cuadrícula facilitó la división de áreas a medir y determinación de puntos de medición de manera efectiva. Se partió por realizar un análisis de identificación y valoración de riesgos físicos en la planta de reciclaje, completando con recomendaciones de implementación y de control, lo cual permite tener un enfoque objetivo a la problemática analizada.
- Se llegó a la conclusión de que la temperatura emerge como un factor crítico en la Planta de Descontaminación y Paletizado. Esta singularidad radica en que los niveles de temperatura exceden los límites establecidos. Este hallazgo destaca la importancia de considerar y gestionar de manera específica las condiciones térmicas en dicha planta, proporcionando así una base sólida para futuras decisiones y mejoras en el entorno laboral.
- A modo de conclusión, es correcto señalar que las medidas de implementación que se han propuesto pueden llegar a un beneficio no únicamente económico, sino también en la satisfacción de los empleados al trabajar en un ambiente laboral en el que están cómodos, adicionalmente tienen tiempos de descanso en lugares adecuados y que no tienen niveles de ruido altos. Esta satisfacción influirá directamente en la productividad de los trabajadores, ya que estando cómodos pueden rendir de una mejor manera.

## RECOMENDACIONES PARA ESTUDIOS FUTUROS

- Se sugiere la adquisición anticipada de los equipos necesarios. Esto facilitaría la coordinación de días para llevar a cabo las mediciones, abarcando tanto los niveles de iluminación, ruido, temperatura, y humedad.

- Se recomienda establecer una comunicación efectiva y continua con los contactos internos de la empresa. Este enfoque ha demostrado ser esencial para obtener datos precisos, coordinar el acceso y extraer información valiosa. Además, se recomienda visitar periódicamente la empresa y, de ser necesario, realizar ajustes para identificar posibles cambios o áreas de mejora. Mantenerse al tanto del desarrollo de la empresa contribuirá en gran medida a realizar una investigación de seguimiento más completa y basada en la dinámica interna de la organización.
- El plan de mediciones puede tener más puntos distribuidos a lo largo de las plantas, los puntos seleccionados para este estudio fueron suficientes para realizar el análisis de todos los puestos de trabajo y que los resultados sean significativos; sin embargo, el tener más puntos de medición podría ayudar a identificar nuevos lugares con riesgos.

#### **LIMITACIONES**

- El mantenimiento realizado dentro de la planta de reciclaje redujo las opciones de implementación, a la entrega de señaléticas.
- Surgen limitaciones importantes debido al tamaño de la industria en estudio y al tamaño de las empresas fabricantes. Dada la naturaleza y magnitud de los desafíos identificados, está claro que las soluciones requieren un enfoque igualmente sólido. Esta realidad se traduce en soluciones complejas con largos ciclos de implementación y, lo más importante, altos costos. Si bien estas medidas son factibles para empresas con tiempo y recursos financieros suficientes, suponen una limitación importante para aquellas que quieren ofrecer soluciones inmediatas, pero carecen de recursos importantes.

- Una de las limitaciones encontradas es la ubicación de la planta, dado que la planta se encuentra alejada de la ciudad de Quito, resulta difícil llegar a la planta y estar asistiendo constantemente. Sin embargo, se visitó la planta de forma constante para realizar mediciones, análisis y evaluación de los puntos de trabajo.

## ANEXOS



*Foto 1. Toma de mediciones de temperatura y humedad*



**Foto 2. Toma de mediciones de ruido**



*Foto 3. Toma de mediciones de iluminación*

## REFERENCIAS

Benilda, S., Ebarvia., Sharlene, Cabanilla., Aaron, Cultivo, Dacuya., Alma, Bustamante, Cruz., Alleni, Biglete, Tongson., Cyril, Cabase, Cortez., Kim, Christopher, Aganda., Natividad, Ramos, Mamplata. (2020). Matrix Reference Materials Development for Food Safety Application in Philippine Products. doi: 10.21014/ACTA\_IMEKO.V9I3.531

- Bravo, H., Cardona, J. C., & Vega, M. Aprobado en el año (2011). Condiciones Laborales y Significado del Trabajo y de la Asociatividad para un Grupo de Recicladores Independientes.
- Cortés, M. C. O., & Rosero, J. E. D. (2018). Evaluación de un proceso no convencional de reciclaje de PET ámbar para la obtención de placas decorativas. *Informador técnico*, 82(1), 41-49.
- Crawford, D., & Casaban, J. (2016). Recent Developments in Mechanochemical Materials Synthesis by Extrusion. *Advanced Materials*, 28.  
<https://doi.org/10.1002/adma.201505352>.
- Daniell, W., Swan, S., McDaniel, M., Stebbins, J., Seixas, N., & Morgan, M. (2002). Noise exposure and hearing conservation practices in an industry with high incidence of workers' compensation claims for hearing loss.. *American journal of industrial medicine*, 42 4, 309-17. <https://doi.org/10.1002/AJIM.10124>.
- Dayton. K. (2023) Humidity may amplify the temperature-related health risks in the context of climate change. doi: 10.21203/rs.3.rs-3077826/v1
- De La Cruz, F., De La Cruz, S., & Suárez, F. (2011). *Organización, control en el proceso productivo e implementación de normas de seguridad industrial en una micro-empresa de tejido y confección de suéteres* (Bachelor's thesis).
- Drzyzga, O., & Prieto, A. (2018). Plastic waste management, a matter for the ‘community’. *Microbial Biotechnology*, 12, 66 - 68. <https://doi.org/10.1111/1751-7915.13328>.
- Historia*. (s. f.). <https://www.enkador.com/history/>
- Huseyin, Selcuk, Kilic., Sena, Kubra, Canbakis., M, Karabas., Sedef, Koseoglu., Ezgi, Unal., Zeynep, Tugce, Kalender. (2023). Integrated Supply Chain Risk Assessment Methodology Based on Modified FMEA. *Journal of Risk Analysis and Crisis Response*, doi: 10.54560/jracr.v13i2.359
- INEN. (2021). Iluminación Natural de Edificios para Fabricas. (NTE INEN-1154).
- ISO. (2002). Iluminación de ambientes de trabajo - Parte 1: Interior (ISO 8995-1).
- Jia, Maolin. (2019). Plant temperature control spraying circulation system.
- K., Pickard., Peter, Muller., Bernd, Bertsche. (2005). Multiple failure mode and effects analysis-an approach to risk assessment of multiple failures with FMEA. 457-462. doi: 10.1109/RAMS.2005.1408405
- Kolbusa, M. (2013). The Implementation Dilemma. , 25-36. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-42036-8\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-642-42036-8_2).
- Kristensen, Ole, Stig. (2013). Method and plant for producing high steam temperatures when burning problematic fuels.

- Lucas, Negreiros, da, Silva., Gabriel, Alberto, Bastos, Gomes., Fabiana, Rocha, Pinto., David, Cardoso, dos, Santos. (2022). Analysis of pathologies caused by humidity in civil construction. *International journal for innovation education and research*
- Lund, A. (1979). Noise control enclosures for industrial equipment.. *American Industrial Hygiene Association journal*, 40 11, 961-9 .  
<https://doi.org/10.1080/15298667991430569>.
- Ma, Y., Agarwal, U., Sikkema, D., & Lemstra, P. (2003). Solid-state polymerization of PET: influence of nitrogen sweep and high vacuum. *Polymer*, 44, 4085-4096.  
[https://doi.org/10.1016/S0032-3861\(03\)00408-7](https://doi.org/10.1016/S0032-3861(03)00408-7).
- Marcus, Hellwig. (2020). The Occurrence of Events. doi: 10.1007/978
- Martín-López, B., González, J. A., Díaz, S., Castro, I., & García-Llorente, M. (2007). Biodiversidad y bienestar humano: el papel de la diversidad funcional. *Ecosistemas*, 16(3).
- Niciejewska, M., & Kiriliuk, O. (2020). Occupational health and safety management in “small size” enterprises, with particular emphasis on hazards identification.
- Ministerio de Trabajo, Migración, y Seguridad Social. (2017). Altas temperaturas en el trabajo, que hay que hacer? (Informe No. 123). <https://www.innst.gov>
- Ministerio del Trabajo. (2012). Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores y Mejoramiento del Medio Ambiente de Trabajo - Decreto Ejecutivo (2393).
- Ocón, A. J. Q. (2022). *Toma de datos, mediciones y croquis para la instalación de elementos de carpintería. MAMS0108*. IC Editorial. Recuperado de:  
[https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=NkqhEAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT10&dq=toma+de+datos+mediciones+de+luz&ots=XA15gtJGW\\_&sig=jUjkStZxGECogzXacJQ8VzdwGHc&redir\\_esc=y#v=onepage&q=toma%20de%20datos%20mediciones%20de%20luz&f=false](https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=NkqhEAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT10&dq=toma+de+datos+mediciones+de+luz&ots=XA15gtJGW_&sig=jUjkStZxGECogzXacJQ8VzdwGHc&redir_esc=y#v=onepage&q=toma%20de%20datos%20mediciones%20de%20luz&f=false)
- Oksana, Yastremska-Kravchenko., Aliaksei, Laureshyn., Carmelo, D'Agostino., Andras, Varhelyi. (2022). What constitutes traffic event severity in terms of human danger perception?. *Transportation Research Part F-traffic Psychology and Behaviour*
- Polit, A.A. & González, B.B. (2011). Educación en Ecuador. En P. Pérez (Ed.), *La educación en el mundo* (pp.101-132). Barcelona, España: ExpoEditor.
- Production Engineering Archives, 26, 195 - 201. <https://doi.org/10.30657/pea.2020.26.34>.
- Rivera Torres, F. A., & Galárraga Narváez, M. D. (2021). *Ambiente laboral en una empresa textil: iluminación, temperatura y humedad* (Bachelor's thesis, Quito).
- Rivas, A. (2022). Mediciones de iluminación por el método de la cuadrícula. AHRA. Buenos Aires, Argentina. Recuperado de: <https://cie.gov.ar/web/images/Metodo-cuadrícula-HyST.pdf>

RODRÍGUEZ, Carlos Aníbal. La salud de los trabajadores: contribuciones para una asignatura pendiente. Buenos Aires, Superintendencia de Riesgos e el Trabajo, 2005. 450 p. ISBN 987-21928-1-2. *Salud y Seguridad Laboral*. I. Título CDD 331.259 6

Sánchez López, Carlos; Saucedo Zárate, Carlos Humberto; Esparza González, Mario Salvador; Castañeda Ramos, Luis Antonio Estudio de la fluencia térmica de PET reciclado utilizando el proceso de termoformado *Investigación y Ciencia*, vol. 22, núm. 61, enero-abril, 2014

Sánchez Sanaguano, F. G. (2023). *Niveles de iluminación y su relación con la afectación visual en los empleados de una empresa, en Machachi-Ecuador* (Master's thesis).

Sarigiannis, D. (2017). Assessing the impact of hazardous waste on children's health: The exposome paradigm. *Environmental Research*, 158, 531–541. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2017.06.031>.

Seguridad Ocupacional & la Administración de la Salud [OSHA]. (2012). Los reglamentos (Normas-29 CFR 1910.1200). Recuperado de [https://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show\\_document?p\\_table=STANDARDS & aplicaciones de p\\_id=10099](https://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show_document?p_table=STANDARDS&aplicaciones_de_p_id=10099)

Skilling, E., & Munro, C. (2016). Chapter 16 – Environmental ergonomics. , 271-290. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803806-2.00016-9>.

Tureková, I., Kozík, T., Bagalová, T., & Neovesky, J. (2018). Workplace Lighting as an Element Influencing the Working Process. *Advances in Physical Ergonomics and Human Factors: Part I*. <https://doi.org/10.54941/1006>.

Wang, Chunhui., Chen, Shaochun., Wang, Hui. (2017). Temperature control system, temperature control method and device and electronic control unit.

Wang, Lijie. (2015). High-temperature mixing extruder.