



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Estudios de Postgrado
Maestría en Artes en Energía y Ambiente

**MATRIZ DE RIESGOS DE ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTALES SEGÚN NORMA ISO
14001:2015 PARA TOMAR O MANTENER ACCIONES Y REDUCIR POTENCIAL
CONTAMINACIÓN QUE GENERA UN PROCESO DE REMOCIÓN Y APLICACIÓN DE
PINTURA A CILINDROS DE ACERO INOXIDABLE EN ZONA 12 DE LA CIUDAD DE
GUATEMALA, GUATEMALA**

Inga. Diana Gabriela del Rosario Jó Hernández
Asesorado por la Mtra. Ing. Tania Isabel Morán Cárcamo

Guatemala, mayo de 2022

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**MATRIZ DE RIESGOS DE ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTALES SEGÚN NORMA ISO
14001:2015 PARA TOMAR O MANTENER ACCIONES Y REDUCIR POTENCIAL
CONTAMINACIÓN QUE GENERA UN PROCESO DE REMOCIÓN Y APLICACIÓN DE
PINTURA A CILINDROS DE ACERO INOXIDABLE EN ZONA 12 DE LA CIUDAD DE
GUATEMALA, GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

INGA. DIANA GABRIELA DEL ROSARIO JÓ HERNÁNDEZ
ASESORADO POR LA MTRA. INGA. TANIA ISABEL MORÁN CÁRCAMO

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

MAESTRA EN ARTES EN ENERGÍA Y AMBIENTE

GUATEMALA, MAYO DE 2022

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Kevin Armando Cruz Lorente
VOCAL V	Br. Fernando José Paz González
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
EXAMINADOR	Mtro. Ing. Edgar Darío Álvarez Cotí
EXAMINADOR	Mtro. Ing. Juan Carlos Fuentes Montepeque
EXAMINADOR	Mtro. Ing. Marvin Eduardo Mérida Cano
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**MATRIZ DE RIESGOS DE ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTALES SEGÚN NORMA ISO
14001:2015 PARA TOMAR O MANTENER ACCIONES Y REDUCIR POTENCIAL
CONTAMINACIÓN QUE GENERA UN PROCESO DE REMOCIÓN Y APLICACIÓN DE
PINTURA A CILINDROS DE ACERO INOXIDABLE EN ZONA 12 DE LA CIUDAD DE
GUATEMALA, GUATEMALA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Estudios de Postgrado con fecha 11 de agosto 2021.



Inga. Diana Gabriela del Rosario Jó Hernández

La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Estudios de Posgrado, al Trabajo de Graduación titulado: **MATRIZ DE RIESGOS DE ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTALES SEGÚN NORMA ISO 14001:2015 PARA TOMAR O MANTENER ACCIONES Y REDUCIR POTENCIAL CONTAMINACIÓN QUE GENERA UN PROCESO DE REMOCIÓN Y APLICACIÓN DE PINTURA A CILINDROS DE ACERO INOXIDABLE EN ZONA 12 DE LA CIUDAD DE GUATEMALA, GUATEMALA**, presentado por: **Diana Gabriela del Rosario Jò Hernández**, que pertenece al programa de Maestría en artes en Energía y ambiente después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, **autoriza la impresión del mismo.**

IMPRÍMASE:



Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada

Decana

Guatemala, junio de 2022

AACE/gaoc



Guatemala, junio de 2022

LNG.EEP.OI.428.2022

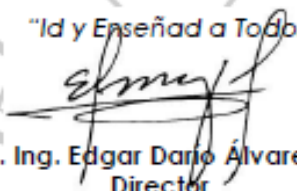
En mi calidad de Director de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del asesor, verificar la aprobación del Coordinador de Maestría y la aprobación del Área de Lingüística al trabajo de graduación titulado:

"MATRIZ DE RIESGOS DE ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTALES SEGÚN NORMA ISO 14001:2015 PARA TOMAR O MANTENER ACCIONES Y REDUCIR POTENCIAL CONTAMINACIÓN QUE GENERA UN PROCESO DE REMOCIÓN Y APLICACIÓN DE PINTURA A CILINDROS DE ACERO INOXIDABLE EN ZONA 12 DE LA CIUDAD DE GUATEMALA, GUATEMALA"

presentado por Diana Gabriela del Rosario Jó Hernández correspondiente al programa de Maestría en artes en Energía y ambiente ; apruebo y autorizo el mismo.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"



Mtro. Ing. Edgar Dario Alvarez Cofi
Director

Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería





ESCUELA DE ESTUDIOS DE
POSTGRADO
FACULTAD DE INGENIERÍA

COORDINACIÓN DESARROLLO
SOCIO-AMBIENTAL Y ENERGÉTICO

Guatemala, 24 de noviembre 2021

Como coordinador de la Maestría en Artes en Energía y Ambiente doy el aval correspondiente para la aprobación del Trabajo de Graduación titulado: "MATRIZ DE RIESGOS DE ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTALES SEGÚN NORMA ISO 14001:2015 PARA TOMAR O MANTENER ACCIONES Y REDUCIR POTENCIAL CONTAMINACIÓN QUE GENERA UN PROCESO DE REMOCIÓN Y APLICACIÓN DE PINTURA A CILINDROS DE ACERO INOXIDABLE EN ZONA 12 DE LA CIUDAD DE GUATEMALA, GUATEMALA" presentado por la Ingeniera Diana Gabriela del Rosario Jó Hernández, quien se identifica con carné 200819354.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todas"

Mtro. Ing. Juan Carlos Fuentes Montepeque
Coordinador de Maestría
Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería



Guatemala, octubre de 2021.

M.A. Ing. Edgar Dario Álvarez Cotí

Director

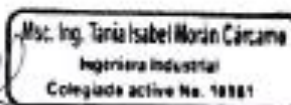
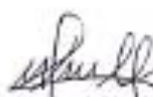
Escuela de Estudios de Postgrado

Presente

Estimado M.A. Ing. Álvarez Cotí

Por este medio informo a usted, que he revisado y aprobado el Trabajo de Graduación y el Artículo Científico: "MATRIZ DE RIESGOS DE ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTALES SEGÚN NORMA ISO 14001:2015 PARA TOMAR O MANTENER ACCIONES Y REDUCIR POTENCIAL CONTAMINACIÓN QUE GENERA UN PROCESO DE REMOCIÓN Y APLICACIÓN DE PINTURA A CILINDROS DE ACERO INOXIDABLE EN ZONA 12 DE LA CIUDAD DE GUATEMALA, GUATEMALA" de la estudiante DIANA GABRIELA DEL ROSARIO JÓ HERNÁNDEZ del programa de Maestría en Energía y Ambiente, identificada con número de carné: 200819354.

Agradeciendo su atención y deseándole éxitos en sus actividades profesionales me suscribo.



MSc. Ing. Tania Isabel Cárcamo Morán

Colegiado No. 10981

Asesor de Tesis

ACTO QUE DEDICO A:

Mis padres

Por su apoyo incondicional.

AGRADECIMIENTOS A:

Empresa donde se realizó el estudio	Por brindarme los recursos necesarios para llevar a cabo la presente investigación y las personas que permitieron y colaboraron con la realización.
Mi asesora	Inga. Tania Morán por su apoyo brindado durante la ejecución del estudio

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	III
LISTA DE SÍMBOLOS	V
GLOSARIO	VII
RESUMEN	XI
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	XIII
OBJETIVOS	XVII
RESUMEN DEL MARCO METODOLÓGICO	XIX
INTRODUCCIÓN	XXIII
1. MARCO REFERENCIAL	1
2. MARCO TEÓRICO	9
2.1. Matriz de aspectos e impactos ambientales	9
2.2. Norma ISO 14001:2015	9
2.2.1. Cláusula aplicable de matriz aspecto e impacto ambiental	10
2.2.1.1. Aspecto ambiental	11
2.2.1.2. Impacto ambiental	11
2.3. Acciones a tomar	12
2.4. Potenciales contaminantes	13
2.4.1. Aire	13
2.4.2. Suelo	15
2.4.3. Agua	17
2.4.3.1. Contaminación de agua	17
2.5. Remoción de pintura	19

2.5.1.	Materiales removedores de pintura	20
2.5.2.	Métodos de aplicación de pintura.....	21
2.5.2.1.	Pulverización con/sin aire	21
2.5.2.2.	Rodillo/brocha	22
2.5.2.3.	Recubrimiento por inmersión.....	22
2.6.	Tipos de pintura	22
2.7.	Solventes	24
2.7.1.	Solvente de clorocaucho	25
2.7.2.	Solvente de poliuretano.....	26
2.8.	Cabinas de aplicación de pintura	26
2.8.1.	Cabinas para pinturas en spray.....	26
2.8.2.	Cabinas para pintura en polvo.....	26
2.8.3.	Cabina de cortina de agua con BSRAF.....	27
3.	PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.....	29
3.1.	Análisis descriptivo de la información.....	29
4.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	39
CONCLUSIONES.....		45
RECOMENDACIONES		47
REFERENCIAS		49
APÉNDICES.....		55

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1. Diagnóstico proceso de remoción y aplicación de pintura..... 30

TABLAS

I.	Operacionalización de variables	XXI
II.	Clasificación de residuos.....	12
III.	Tipos de Contaminantes	13
IV.	Clasificación de Contaminantes	16
V.	Clasificación de Contaminantes II	16
VI.	Contaminantes del agua	18
VII.	Clasificación de pintura	23
VIII.	Tipos de solventes	24
IX.	Diagnóstico proceso de remoción y pintado de cilindros.....	30
X.	Resultado por clasificación de diagnóstico.....	31
XI.	Insumos del proceso de remoción y aplicación de pintura a cilindros de acero	31
XII.	Cuantificación de residuos	31
XIII.	Lista de verificación del proceso de remoción y pintado de cilindros	32
XIV.	Criterios de clasificación de riesgos	35
XV.	Matriz de aspectos e impactos ambientales.....	36
XVI.	Beneficios de proceso remoción y aplicación de pintura (Q/cilindro)	37

XVII.	Costo de tratamiento de residuos de proceso remoción y aplicación de pintura (Q/cilindro) al mes.....	38
XVIII.	Relación beneficio/costo	38

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
DBO	Demanda bioquímica de oxígeno
DQO	Demanda química de oxígeno
SO ₂	Dióxido de azufre
CO ₂	Dióxido de carbono
NO _x	Grupo de gases muy reactivos que contienen nitrógeno y oxígeno en diversas proporciones
K	Kelvin, temperatura termodinámica
Pa	Kilogramo sobre metro por segundo cuadrado
kg	Kilogramos
PM	Material particulado
m ³	Metro cúbico
CO	Monóxido de carbono
%	Porcentaje
PH	Potencial de hidrógeno
Q	Quetzales
s	Segundo
SST	Seguridad y salud en el trabajo
N	Tamaño muestra a determinar
N	Tamaño población
q	Variabilidad negativa
p	Variabilidad positiva

GLOSARIO

Abrasivo	La finalidad es actuar sobre otros materiales con esfuerzos mecánicos diferentes, triturado, molienda, corte, pulido. Se usan en toda clase de procesos industriales y artesanales.
Adsorbente	Es una sustancia química que acumula moléculas de otras sustancias en su superficie.
Antropogénico	De origen humano o derivado de la actividad del hombre.
Biodegradable	Sustancia o material que puede ser descompuesto por organismos vivos.
Cilindro	Envase diseñado para soportar presión que puede distribuir contenido en forma gaseosa.
Coagulante	Son materiales químicos que se adicionan al agua para lograr la descarga de todas las partículas coloidales dando origen a la formación de medios más grandes (flóculos), que se sedimentan más rápidamente.

Contaminación	Elementos o sustancias que naturalmente no se encuentran en un entorno y tienen una influencia en el mismo.
Demanda bioquímica de oxígeno	Cantidad de oxígeno que los microorganismos especialmente bacterias (aeróbicas o anaeróbicas), hongos y plancton, consumen durante la degradación de las sustancias orgánicas contenidas en la muestra. Se utiliza para medir el grado de contaminación.
Demanda química de Oxígeno	Cantidad de oxígeno necesaria para oxidar la materia orgánica por medios químicos tanto disueltos como en suspensión.
Efluente	Término empleado para nombrar a las aguas servidas con desechos sólidos, líquidos o gaseosos que son emitidos por viviendas y/o industrias, generalmente a los cursos de agua; o que se incorporan a estas por el escurrimiento de terrenos causados por las lluvias.
Elastómero	Materiales que tienen características elásticas y viscosas (sustancia espesa, densa y pegajosa).
Granalladora	Máquinas industriales que tienen como finalidad el tratamiento de superficies por impacto de diferentes tipos de partículas. Su finalidad es lograr la limpieza y preparación de superficies con un alto rendimiento y ausencia de contaminación.

Gránulo	Estructura de metal de distintos tamaños de naturaleza abrasiva para eliminar pintura y otras superficies (<i>pellet</i> en inglés).
Hidrofóbico	Están compuestas por moléculas no polares que repelen las masas de agua y atraen a otras moléculas neutras y a los disolventes no polares.
Insulador	Sinónimo de aislador, separador que aísla o que queda solo, sin contacto con nada ni nadie.
Material particulado	Conjunto de partículas sólidas y líquidas emitidas directamente al aire, tales como el hollín de diésel, polvo de vías, polvo de agricultura y partículas resultantes de procesos productivos.
Matriz de riesgo	Herramienta utilizada para crear información sobre riesgos; puede ser de seguridad y ambiente.
Sobre pulverización	Aplicación de cualquier forma de pintura, u otro material particulado en el aire no soluble en agua en un lugar no deseado
Tratamiento Fisicoquímico	El objetivo es modificar propiedades físicas de las partículas contaminantes mediante la adición de productos químicos (coagulantes y floculantes) para facilitar la formación de flóculos y su posterior separación o eliminación del agua.

RESUMEN

El propósito de la investigación fue analizar un proceso de remoción y aplicación de pintura en cilindros de acero inoxidable y establecer de esta forma los aspectos e impactos que se generan al llevar a cabo dicho procedimiento.

El objetivo general consistió en elaborar una matriz de aspectos e impactos ambientales según norma ISO 14001:2015. En dicho documento se logró establecer las acciones a tomar de cada actividad, el diagnóstico de la planta y el establecimiento de la relación beneficio costo del impacto ambiental que se genera al tener impactos ambientales significativos.

El diseño de la investigación fue no experimental descriptivo de tipo transversal donde no se intervino en el proceso. La metodología utilizada para obtener la información fue el uso de una lista de verificación la cual se ejecutó en sitio; adicional se muestreó la remoción y pintado de 36 cilindros para cuantificar la cantidad de desechos generados durante 5 días continuos. Conocidas dichas variables, se investigó sobre el impacto monetario al no tratar dichos residuos.

Como principal resultado se obtuvo la matriz de aspectos e impactos ambientales los cuales fueron listados según actividad. La herramienta evidencia dos aspectos significativos los cuales se identifican en la actividad de remoción y aplicación de pintura respectivamente. La falta de tratamiento de ambos impactos ambientales se refleja en el análisis realizado, estos generan un alto impacto monetario según la relación beneficio costo obtenido para el análisis del presente estudio.

En conclusión, el proceso de remoción y aplicación de pintura en cilindros de acero inoxidable genera impactos ambientales los cuales tienen la ventaja que pueden ser tratados mediante terceros.

Se recomienda analizar fisicoquímicamente los residuos líquidos en un laboratorio después de decantar la fase sólida de pintura obtenida por la cortina de agua durante la actividad de aplicación de pintura para cilindros de acero inoxidable.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

No se ha generado matriz de riesgos de aspectos e impactos ambientales según norma ISO 14001:2015 para tomar o mantener acciones y reducir potencial contaminación que genera un proceso de remoción y aplicación de pintura a cilindros de acero inoxidable ubicada en la zona 12 de la Ciudad de Guatemala, Guatemala.

- Descripción general del problema

Empresa dedicada a remoción y aplicación de pintura no tiene una herramienta que le permita conocer sus aspectos e impactos ambientales, desconoce la información acciones a tomar y una relación beneficio costo para permanecer o reducir dichos aspectos e impactos listados.

- Problemas específicos

No se ha establecido el diagnóstico actual de la empresa para poder realizar una matriz de riesgos de aspectos e impactos ambientales según norma ISO 14001:2015 que genera un proceso de remoción y aplicación de pintura a cilindros de acero inoxidable ubicada en la zona 12 de la Ciudad de Guatemala, Guatemala.

No se han listado cuáles son las acciones a tomar o mantener de una matriz de riesgos de impactos ambientales según norma ISO 14001:2015 que genera un proceso de remoción y aplicación de pintura a cilindros de acero inoxidable ubicada en la zona 12 de la Ciudad de Guatemala, Guatemala.

No se ha calculado la relación beneficio costo para reducir o permanecer con aspectos e impactos listados en la matriz de riesgos según norma ISO 14001:2015 que genera un proceso de remoción y aplicación de pintura a cilindros de acero inoxidable ubicada en la zona 12 de la Ciudad de Guatemala, Guatemala

- Pregunta central de investigación

¿Qué se debe de generar en relación a riesgos de aspectos e impactos ambientales según norma ISO 14001:2015 para tomar o mantener acciones y reducir potencial contaminación que genera un proceso de remoción y aplicación de pintura a cilindros de acero inoxidable en la zona 12 de la Ciudad de Guatemala, Guatemala?

- Pregunta específicas de investigación
 - ¿Cuál es el diagnóstico que actualmente tiene el proceso de remoción y aplicación de pintura a cilindros de acero inoxidable ubicada en la zona 12 de la Ciudad de Guatemala, Guatemala?
 - ¿Cuáles son las acciones a tomar o mantener de una matriz de riesgos de aspectos e impactos ambientales según norma ISO 14001:2015 que genera un proceso de remoción y aplicación de pintura a cilindros de acero inoxidable ubicada en la zona 12 de la Ciudad de Guatemala, Guatemala?
 - ¿Cuál es la relación beneficio costo para reducir o permanecer con aspectos e impactos listados en la matriz de riesgos según norma ISO 14001:2015 que genera un proceso de remoción y aplicación

de pintura a cilindros de acero inoxidable ubicada en la zona 12 de la Ciudad de Guatemala, Guatemala?

OBJETIVOS

General

Generar una matriz de riesgos de aspectos e impactos ambientales según norma ISO 14001:2015 para tomar o mantener acciones y reducir potencial contaminación que genera un proceso de remoción y aplicación de pintura a cilindros de acero inoxidable ubicada en la zona 12 de la Ciudad de Guatemala, Guatemala.

Específicos

- Identificar la situación de la empresa mediante la elaboración de un diagnóstico.
- Determinar las acciones a tomar o mantener de una matriz de riesgos de aspectos e impactos ambientales según norma ISO 14001:2015 que genera un proceso de remoción y aplicación de pintura a cilindros de acero inoxidable.
- Establecer la relación beneficio costo de los desechos generados en el proceso de remoción y aplicación de pintura a cilindros de acero.

RESUMEN DEL MARCO METODOLÓGICO

El estudio realizado tuvo enfoque mixto; se analizaron variables cuantitativas y cualitativas; debido a que se utilizaron herramientas tales como listas de verificación para inspeccionar en sitio el proceso de remoción y aplicación de pintura; se contabilizaron desechos a partir de cierta cantidad de cilindros para poder establecer una relación de residuo generado por unidad de cilindro. También se realizó una relación beneficio costo respecto a las acciones a tomar para reducir o permanecer con aspectos e impactos ambientales no significativos.

El diseño de la investigación fue no experimental; durante la investigación no se tuvo ninguna intervención ni modificación.

El alcance fue descriptivo, donde se estableció una relación entre la cantidad de residuos generados (sólidos y líquidos) respecto a la cantidad de cilindros pintados y observación directa del proceso. El tipo de investigación fue transversal debido a que se recolectaron datos durante un período de tiempo de 5 días.

El estudio se llevó a cabo en tres fases: la primera fue la realización de una lista de verificación la cual se ejecutó en sitio mediante observación ordinaria del proceso la cual consistió en una visita a campo del sitio y personal que realiza el trabajo.

Para la segunda fase se cuantificó la cantidad de cilindros pintados diarios la cual fue de un rango de 70 cilindros; para el muestreo se asumió un error de

de 5 % y una confianza de 90 % y se estableció un análisis de 36 cilindros durante 5 días. Por cada ciclo de observación se anotaron desviaciones y cantidad de desechos generados al finalizar el ciclo de remoción y aplicación de pintura.

El muestreo se calculó de la siguiente forma:

- Se tomó en cuenta la totalidad de muestra de cilindros.

Fórmula de muestreo:

$$n = \frac{k^2 pqN}{e^2(N-1) + k^2 pq} \quad (1)$$

Donde:

n : tamaño muestra a determinar

p : variabilidad positiva = (0.95)

q : variabilidad negativa = (0.05)

N : tamaño de la población = (70)

e : es el error muestral que se considera = (0.05)

k : constante de nivel de confianza que indica la probabilidad de que los resultados del estudio sean ciertos o no. El valor de k es de 1.96 para un nivel de confianza de 95 %

$$n = \frac{(1.96)^2(0.95)(0.05)(70)}{(0.05)^2(70 - 1) + \{(1.96)^2(0.95)(0.05)\}}$$

$$n = \frac{12.77}{(0.1725) + \{(0.1825)\}}$$

$$n = \frac{12.77}{0.355}$$

$$n = 35.97$$

La muestra fue la siguiente:

- Población de cilindros: 70
- Muestra de cilindros para analizar: 36
- Mínimo de cilindros descartados: 3

La operacionalización de variables se muestra en la siguiente tabla:

Tabla I. **Operacionalización de variables**

Problema	Variable	Definición	Dimensión	Indicador
No se han listado cuáles son las acciones a tomar o mantener de una matriz de riesgos de impactos ambientales según norma ISO 14001:2015 que genera un proceso de remoción y aplicación de pintura a cilindros de acero inoxidable ubicada en la zona 12 de la Ciudad de Guatemala, Guatemala.	Aspectos e impactos ambientales: Generación de desechos sólidos (kg) Generación de desechos líquidos (m³)	Contabilización de residuos generados en 5 ciclos de remoción de pintura	kg m³	kg y m³ de residuos por 36 cilindros
No se ha calculado la relación beneficio costo para reducir o permanecer con aspectos e impactos listados en la matriz de riesgos según norma ISO 14001:2015 que genera un proceso de remoción y aplicación de pintura a cilindros de acero inoxidable ubicada en la zona 12 de la Ciudad de Guatemala.	Quetzales (Q)	Costo de implementación de acciones sugeridas	Q	Q/acción tomada

Fuente: elaboración propia.

En la tercera fase, obtenidos los datos se procedió a cotizar a terceros el costo por tratamiento de los aspectos ambientales listados en la matriz; posterior se realizó una investigación bibliográfica sobre la inversión monetaria necesaria para dar tratamiento adecuado a dichos desechos y establecer la relación beneficio costo para el proceso de remoción y aplicación de pintura respecto a sus insumos.

INTRODUCCIÓN

La presente investigación es una sistematización porque ordena y establece la información de un proceso de remoción y aplicación de pintura para identificar aspectos e impactos ambientales a través de una herramienta llamada matriz de riesgos.

El problema es que no se ha generado matriz de riesgos de aspectos e impactos ambientales según norma ISO 14001:2015 para tomar o mantener acciones y reducir potencial contaminación que genera un proceso de remoción y aplicación de pintura a cilindros de acero inoxidable.

La solución principal es que la matriz de riesgos puede llevarse a cabo mediante una herramienta donde se establecen criterios para evaluar el aspecto; dicho documento permite identificar fácilmente que actividad requiere mayor control. Es importante remarcar que el presente estudio desea dar a conocer qué todo proceso industrial tiene alternativas de reuso independiente de su naturaleza.

Los resultados obtenidos fueron que en el proceso existen dos actividades las cuales generan mayor cantidad de desechos sólidos (abrasivos y pintura) y desechos líquidos (sobrepulverización) específicamente para la remoción y aplicación de pintura. La relación beneficio costo de dichas actividades permitió identificar que tratar los desechos es factible para disminuir el impacto ambiental. Entre los beneficios encontrados durante la realización del estudio es que se comprobó que los desechos pueden ser tratados mediante terceros y que la empresa tiene un 75 % de cumplimiento; por lo tanto, tiene el compromiso de

cumplir la normativa ISO lo cual da acceso a implementar actividades internas inmediatas para reducir los impactos ambientales identificados.

La metodología utilizada fue la cuantificación de desechos para 36 cilindros durante 5 días. Dicha actividad permitió conocer la cantidad de desecho generado por cilindro y adicional establecer el costo por tratamiento con terceros. El diagnóstico se llevó a cabo mediante una lista de chequeo la cual se ejecutó en sitio donde se validó el estado actual de la empresa respecto a su cumplimiento.

El estudio cuenta con 4 capítulos; en el primer capítulo se desarrolla el marco referencial donde se describen los estudios previos realizados relacionados con el tema.

En el segundo capítulo se desarrolla el marco teórico donde se detallan los conceptos y datos necesarios para comprender el estudio desarrollado; entre los temas se explican los tipos de pintura que existen, que es una matriz de riesgos, que es la norma ISO 14001:2015 entre otros.

En el tercer capítulo se presentan los resultados en gráficas y tablas, y para finalizar, en el capítulo cuatro se realiza el análisis externo e interno de la investigación donde se discuten los resultados obtenidos, se concluye y se recomienda según los objetivos planteados.

1. MARCO REFERENCIAL

Todos los estudios presentados en la presente sección describen temas relacionados al uso de una matriz de aspectos e impactos ambientales, el uso de alternativas, reuso y aplicación remoción de pintura y la importancia de tener implementado un sistema de gestión ambiental.

Según Ruiz (2018):

Para implementar una ISO 14001:2015, la primera etapa es identificar los requisitos legales aplicables, así como los aspectos ambientales, los riesgos la metodología se realiza a través de la revisión de la gestión ambiental empresarial en el sector. Adicional a las leyes en su individualidad y conjunto se establece la obligatoriedad de las empresas en perfeccionamiento de implantar un sistema de gestión ambiental.

A través de un diagnóstico ambiental es posible establecer las características ambientales del proceso dentro de la empresa y darle un buen manejo.

Según se evidencia en la cita anterior es posible la identificación de aspectos ambientales significativos y los requisitos legales aplicables a la actividad, producto o servicio. (p. 1)

Así, Ruiz (2018), evidencia los riesgos ambientales, las fallas a la normatividad. En el caso de Guatemala, específicamente para remoción de pinturas no se tiene establecida ninguna.

En el trabajo de investigación de tesis presentada por González (2006) sobre la elaboración de un manual de gestión ambiental, se plantea una herramienta que facilita el proceso de implementación en una empresa de elaboración de pinturas, en el manual se cumple con los requisitos de la norma ISO 14001:2004. Dicho manual se divide en 3 etapas principales la planificación, la implementación y la verificación. La muestra se realizó con el personal de la organización involucrado en el sistema

González (2006), indica:

La primera etapa que es la planificación comprende la formulación de la política ambiental, requerimientos legales, estructura del sistema y programa.

La segunda etapa es la implementación y se centra en el desarrollo de procedimientos, necesidad de capacitación y formación y realización de planes de respuesta ante emergencias.

La tercera etapa es la verificación y acciones correctivas para reflejar eficacia, eficiencia del sistema. (p. 1)

En el documento de investigación de González (2016) referenciado, también se menciona sobre los aspectos legales como primer paso para establecer un documento útil. Adicional en la segunda etapa hace referencia a realizar capacitaciones y formaciones a personal involucrado, lo cual tiene relación con la justificación del presente estudio la cual es dar a conocer la matriz al personal de la empresa donde se ejecuta dicho proceso.

Cardona (2015), indican en el documento de diseño de un sistema de gestión integrado para la empresa de pinturas automotrices e industriales Caralz Ltda una evidencia de cómo los sistemas de gestión sirven para mejorar el desempeño de los procesos, como se puede visualizar a continuación.

Según Cardona (2015):

Los sistemas de gestión sirven para mejorar el desempeño de los procesos. La implementación inicia con los requerimientos ambientales, con dirección estratégica para definir la política y objetivos integrados según los requerimientos ISO de calidad, seguridad y ambiente. Luego se elaboran documentos mediante visitas a las instalaciones de la empresa, con el fin de conocer los procesos a detalle.

El análisis permitió evidenciar que la empresa no tiene un sistema de gestión ambiental establecido, sin embargo, se llevan a cabo actividades dirigidas al control y manejo ambiental de los aspectos e impactos significativos. (p. 1)

El estudio establece la utilización de la metodología establecida en la guía como parte de la implementación y mejora de un sistema de gestión ambiental y presenta una similitud con el presente estudio; es que se cuenta con una norma ya implementada lo que facilitó la realización de esta herramienta (matriz de aspectos e impactos ambientales).

En el estudio de *Diseño y construcción de una cabina automatizada para el pintado de cilindros de Gas licuado petróleo de 10 kg con capacidad de 600 cilindros por hora*, de Peña (2017) se describen todas las pruebas que se llevaron a cabo para adaptar el modelo, como se indica en el siguiente párrafo.

Para Peña (2017):

El objetivo de este estudio es diseñar y construir una cabina para el pintado de cilindros de GLP con una capacidad de 600 cilindros por hora. El peso de los cilindros es de 10 kg. Para llevarlo a cabo se analizó el proceso y la cabina actual como se lleva a cabo el pintado. Una vez diseñada la cabina se realizó un análisis económico. El diseño tiene un transporte de faja mediante uso de rodillos. La cabina se diseñó mediante un sistema de control automatizado de ejecución cíclica. La optimización del proceso permitió disminuir la carga de los trabajadores por levantamiento de cilindros. (p. 1)

En el estudio de Peña (2017) mencionado en el párrafo anterior se aborda el diseño para poder pintar cilindros de una forma más eficiente. La investigación fue considerada ya que es una cabina de pintura específicamente para pintado de cilindros.

El lugar donde se realizó el estudio tiene características similares, las cuales fueron de utilidad en el desarrollo del informe final.

Según el estudio sobre el *Diseño de un protocolo para el control, prevención y tratamiento de contaminantes generados por una industria de pinturas en el área de producción base agua, base aceite y laboratorio* de Rodas (2017) especifica el proceso que se llevó a cabo para poder determinar cuáles eran los residuos con mayor impacto y una planificación para resolverlo.

Para Rodas (2017):

El objetivo del estudio como fundamento principal en conocer y controlar los contaminantes generados por una industria de elaboración de pinturas específicamente en área de producción de base agua y base aceite, y laboratorio.

Como resultado se definió que el mayor porcentaje de contaminantes son líquidos, los cuales provienen de la limpieza de tanques tanto para la producción de pintura látex como para la de aceite.

El plan de control se basó en la reducción de residuos y reciclaje de residuos sólidos. El residuo líquido no cumplió con los parámetros del Acuerdo Gubernativo No. 236-2006 por ende se especificó cada una de las etapas a desarrollar antes de desecharse. (p. 1)

El estudio presentado en el párrafo anterior según Rodas (2017), al analizar los residuos se determinó que no cumplen. En el estudio, se desarrolla la forma en que se contabilizaron los residuos, y concluye que son los residuos líquidos los que se generan en mayor abundancia.

El estudio se basa en la producción de pintura a nivel laboratorio, sin embargo, es un estudio útil para tener referencia la industria de pintura y los impactos que se generan.

En el estudio sobre uso del tratamiento fisicoquímico para la depuración del efluente generado en una industria de pinturas y de barnices previos a su disposición final, ubicada en el distrito de Caraballo – Lima. Baca (2015) describe

el proceso que se llevó a cabo para evaluar una alternativa en la industria de pinturas.

Para Baca (2015):

El estudio remarca que para reducir el nivel de contaminación se usaron dosis de neutralizante y floculante. Se redujo la presencia de grasas y aceites, pH, demanda bioquímica de oxígeno (DBOs), demanda química de oxígeno (DQO), sólidos suspendidos totales (SST). Todos los parámetros lograron un afluente apto para su disposición final al sistema de alcantarillado. (p. 1)

Según el estudio presentado en el párrafo anterior por Baca (2015) demuestra una metodología efectiva para tratar los residuos líquidos (efluentes de industria de pintura) dicho estudio permitió conocer tipos de coagulantes para considerarlos en el presente estudio.

En el artículo sobre uso del residuo del proceso de granallado con gránulos de acero para uso de protección de radiación el autor Lerme, (2020) hace referencia al reusó de recursos

.

Según Lerme (2020):

El residuo generado del proceso de remoción de pintura debe disponerse adecuadamente y debido a su clasificación no peligrosa y no inerte puede usarse en la industria de cementos. En dicho estudio evaluaron la posibilidad de reemplazar la arena por el residuo generado de remoción de *blasting*.

Se usaron 3 tipos de residuos (gránulos comerciales, gránulos intermediarios y gránulos polución). El tipo de arena se reemplazó en diferentes proporciones: 0 %, 10 %, 20 %, 30 % y 40 % de volumen. Las pruebas indicaron que los resultados pueden ser usados para atenuar la radiación de rayos X. Adicional se verificó un aumento de protección de radiación X de un 59.3 % a un 76.7 %. (p. 1)

El estudio realizado por Lerme (2020) demuestra la factibilidad de residuo de remoción de pintura como un atenuante de rayos X lo cual indica una alternativa viable para uso de residuos de remoción de pintura.

En el artículo sobre uso de polvo de granalladora como relleno en composiciones elastómeras de Mirosława, Sawicki y Maciej (2021) detalla otra alternativa de uso para el residuo producto de removedor de pintura.

Según Mirosława, Sawicki y Maciej (2021):

Describe un estudio basado en determinar el impacto de usar polvo de una máquina blasting como relleno natural de hule, distintas cantidades fueron usadas desde 0 a 30 partes de peso a 100 gramos de hule.

El examen del residuo (polvo) de la máquina indica que tiene una naturaleza hidrofóbica, esto permite que el polvo se introduzca más fácilmente a una estructura elastómera y los ingredientes se mezclen de una mejor forma.

La introducción del polvo en composiciones elastómeras permitió mejorar las propiedades mecánicas de las composiciones hechas, lo cual generó mejorar conductividad y permitió mantener clasificada la

composición como un insulador. Adicional se incrementó la estabilidad termal. La adición y los análisis observados llevan a la conclusión que esta mezcla es competitiva con otro material como la sílica o tiza. (p. 1)

El estudio mencionado en el párrafo anterior los autores Miroslawa, Sawicki y Maciej (2021) presentan otra alternativa de uso del residuo de remoción de pintura. Dicha alternativa puede ser considerada en el desarrollo del presente estudio.

Los estudios presentados anteriormente sirvieron para conocer la factibilidad del mismo y abrir la posibilidad a nuevos proyectos para esta línea de investigación.

2. MARCO TEÓRICO

Este capítulo está dirigido a presentar la base teórica para dar a conocer el fundamento del conocimiento del presente estudio.

Para iniciar la comprensión del objetivo principal, se inicia con el concepto de Matriz de aspectos e impactos ambientales.

2.1. Matriz de aspectos e impactos ambientales

Es un mecanismo que facilita la identificación de los diferentes aspectos ambientales generados por el proceso productivo o servicio y sus respectivos impactos. Dicha herramienta permite identificar y valorar la significancia total de cada uno de los aspectos ambientales.

La matriz es una herramienta fundamental e importante para dos aspectos: Uno de ellos es el cumplimiento de un punto de norma (ISO 14001:2015) y el segundo es para establecer un orden en el proceso.

2.2. Norma ISO 14001:2015

Según Baca (2015):

La certificación ISO 14001 tiene el propósito de apoyar la aplicación de un plan de manejo ambiental en cualquier organización del sector público y privado. Fue creada por la Organización Internacional para Normalización (ISO), una red internacional de institutos de normas nacionales que trabajan

en alianza con los gobiernos, la industria y representantes de los consumidores. (p. 15)

Según Andersen (2003):

El principal requisito de la norma es crear un plan de manejo ambiental que incluya objetivos y metas ambientales, políticas y procedimiento para lograr esas metas, responsabilidades, capacitaciones, documentación y un sistema para controlar cualquier cambio y avance realizado.

La norma ISO 14001 describe el proceso que debe seguir la empresa y le exige respetar las leyes ambientales nacionales. Sin embargo, no establece metas de desempeño específicas de productividad. (p. 1)

Una vez conocida la norma mencionada anteriormente se procede a conocer las principales definiciones para poder realizar la herramienta.

2.2.1. Cláusula aplicable de matriz aspecto e impacto ambiental

La norma ISO 14001:2015 está estructurada para controlar y mantener un sistema de gestión ambiental.

Dentro de sus cláusulas o requisitos especifica que para poder cumplir con la norma es necesario elaborar una herramienta la cual permita conocer cuáles son los aspectos e impactos ambientales relacionados al proceso el cual se está analizando.

En la siguiente sección se define todo lo relacionado a la cláusula de la norma.

2.2.1.1. Aspecto ambiental

Según Escuela Europea Excelencia (2016):

Un aspecto ambiental se define como un elemento de todas las actividades, servicios o productos de la organización que interactúa o puede llegar a interactuar de alguna forma o grado; el medio ambiente ha sido identificado. Se pueden clasificar todos los aspectos ambientales como emisiones, vertidos, residuos, ruido, consumo de residuos auxiliares y afección en suelos. Una nueva actividad, producto o servicio genera un posible impacto ambiental. (párr. 1).

2.2.1.2. Impacto ambiental

El presente estudio se basa en el presente concepto según Escuela Europea Excelencia (2016) “es cualquier cambio que se produce en el medio ambiente y el resultado de la acción de todo o parte de los aspectos ambientales de su organización. Un impacto ambiental puede resultar beneficioso o adverso con el medio ambiente” (párr. 2).

A continuación, se presentan cada uno de los impactos que generan los diferentes tipos de residuos. La matriz de aspectos e impactos ambientales conlleva establecer acciones a tomar, donde la definición se describe a continuación.

Tabla II. **Clasificación de residuos**

Impactos en residuos peligrosos	Impactos en residuos no peligrosos
Provocan los siguientes impactos: contaminación del suelo y aguas subterráneas, daños en el entorno natural como en flora y fauna. Los daños en la salud humana, la pérdida de valor económico del suelo. Los daños que se relacionan con los productos, equipamientos y servicios que se relacionan con el suelo.	Dan lugar a los siguientes: Incendios locales, forestales con su consecuente daño dentro del hábitat natural, daños paisajísticos, malos olores, daños en la salud humana

Fuente: Escuela Europea Excelencia (2016). *ISO 14001 2015: Los aspectos ambientales*.

2.3. **Acciones a tomar**

Es una serie de pasos y lineamientos a ejecutar según planificación. Generalmente se ejecutan bajo una planificación la cual incluye, quién es el responsable, la fecha a llevarse a cabo y los recursos a utilizar entre otros. La norma ISO clasifica las acciones a tomar bajo distintos términos tales como:

“Acciones correctivas: Se trata de una solución que ha sido estudiada y que se plantea para eliminar la causa de una no conformidad” (Torres, 2019, párr. 1).

Las acciones a tomar están enfocadas a la mejora continua la acción correctiva se define como acción para eliminar la causa de una no conformidad y evitar que vuelva a ocurrir. Lo cual conlleva a generar un plan de acción.

2.4. Potenciales contaminantes

Una vez definido un aspecto y un impacto ambiental, es necesario conocer cuáles son los potenciales contaminantes que pueden influir al considerar la elaboración de una matriz. A continuación, se describen las principales.

2.4.1. Aire

Según Omega (2021) los contaminantes antropogénicos se clasifican en monóxido de carbono, óxido de nitrógeno, dióxido de azufre, componentes de azufre y material particulado; a continuación, se especifica cuáles son las fuentes principales y las definiciones de cada una de ellas en la siguiente tabla.

Tabla III. Tipos de contaminantes

Contaminantes ambientales	Definición	Fuentes principales
Monóxido de carbono (CO)	Gas tóxico que se emana como subproducto de electrodomésticos, calentadores y automóviles que queman gasolina, gas natural, madera, aceite, keroseno o gas propano. No tiene color, sabor ni olor. Puede oxidarse a CO ₂ que no tiene efectos directos sobre la salud, pero es el gas invernadero antrópico más abundante en la atmósfera.	Impide el transporte de oxígeno por la sangre. Combustión incompleta (en condiciones insuficientes de oxígeno).

Continuación tabla III.

Óxido de nitrógeno (NO)	Puede irritar los pulmones y bajar la resistencia a infecciones respiratorias. Se lo ha señalado como causante de mayor incidencia de enfermedades respiratorias en niños. Los NO contribuyen a la formación de la lluvia ácida, aumentan la concentración de nitratos en suelos y aguas superficiales	Procesos de combustión (calefacción, generación de electricidad y motores de vehículos y barcos
Dióxido de azufre (SO ₂)	Con altos niveles, aparecen trastornos. Contribuye a la formación de la lluvia ácida, afectando a los suelos y a la vegetación.	Combustión de fósiles que contienen azufre, usados para la calefacción doméstica, la generación de electricidad.
Compuestos de azufre reducidos totales	Causante de un olor fétido característico. En concentraciones muy altas puede producir dolores de cabeza y náuseas	Procesos Industriales que involucran materia prima con azufre (papeleras, refinerías, entre otras.). Naturalmente a partir de bacterias reductoras de sulfatos en condiciones anaeróbicas.

Continuación tabla III.

Material particulado	Mezcla de partículas líquidas y sólidas orgánicas e inorgánicas suspendidas en el aire. Se clasifican en función de su diámetro en PTS (partículas totales suspendidas), <i>PM10</i> (partículas con diámetro inferior a 10µm) y <i>PM2.5</i> (diámetro inferior a 2,5 µm). Estas últimas mayor riesgo para la salud	Proviene de fuentes antropogénicas y naturales. El origen antropogénico mayoritario es la quema de combustible fósil y biomasa (leña o carbón). El origen natural de este contaminante son el polen y erupciones volcánicas
----------------------	--	---

Fuente: Intendencia Montevideo (2014). *Fuentes y efectos por contaminantes en el aire*.

2.4.2. Suelo

El suelo puede contaminarse de manera natural y por factores antropogénicos lo cual genera aspectos e impactos ambientales; a continuación, se presenta la clasificación de contaminación. La contaminación natural es debida a la propia alteración del mineral que da origen al suelo.

Según el documento de investigación de clasificación de contaminantes de los autores Ruda, Mongiello y Acosta (2004), nos indican que “un suelo contaminado se puede definir como una porción delimitada de terreno superficial o subterráneo donde las cualidades originales han sido acción humana, lo cual puede haber sido contaminada de forma física, biológica o química” (p. 1).

Tabla IV. **Clasificación de contaminantes**

Tipo de contaminación	Descripción
Contaminación física	Contiene variaciones en parámetros de temperatura y radioactividad.
Contaminación biológica	Se presenta al introducir la proliferación de especies o cepas patógenas o ajenas a los microorganismos presentes en el suelo de forma natural.
Contaminación química	Se presenta por adición de elementos o compuestos en concentraciones que alteren la composición originaria del suelo, este tipo de predominante es la predominante.

Fuente: Ruda, Mongiello y Acosta (2004). *Contaminación y salud del suelo*.

Según Ruda, Mongiello y Acosta (2004), los contaminantes pueden clasificarse en metales pesados, contaminantes orgánicos e inorgánicos, residuos.

Tabla V. **Clasificación de contaminantes II**

Clasificación	Subclasificación	Descripción
Metales pesados	Ninguna	Riesgo potencial que su presencia provoca se produce cuando se acumulan en grandes cantidades en el suelo.
	Orgánicos	Pueden destacarse los compuestos aromáticos, hidrocarburos policíclicos, hidrocarburos clorados, pesticidas entre otras.
Contaminantes	Inorgánicos	Están presentes de forma natural por los ciclos biológicos asociados a cada suelo, la sobresaturación de alguno de ellos hace que se alcancen concentraciones consideradas como contaminantes, alterando los ciclos de regulación.

Continuación tabla V.

Clasificación	Subclasificación	Descripción
Los residuos se consideran focos potenciales de contaminación por el tiempo que necesitan para su degradación.	Residuos inertes	No presentan riesgo al ambiente. Se puede usar como relleno de tierras. Ejemplo: fangos inertes, cenizas, polvos, arenas, tierras entre otros.
	Residuos urbanos	Residuos fermentables (materia orgánica) y combustibles (papel, cartón, madera, gomas, cueros, trapos) Una solución para la recolección es la recolección y tratamiento de basura domiciliaria.
	Residuos especiales	Residuos tóxicos y peligrosos, radiactivos o biosanitarios especiales. Suponen un grave riesgo para la salud humana y el medio ambiente, requiriendo un tratamiento particular y específico, así como un mayor control en su transporte y eliminación.

Fuente: Ruda, Mongiello y Acosta (2004). *Contaminación y salud del suelo*.

2.4.3. Agua

La contaminación del agua según Larrazabal (2021), “es un desequilibrio en la vida de seres vivos por adición de sustancias ajenas al agua” (párr. 1). Lo cual puede clasificarse como se describe a continuación.

2.4.3.1. Contaminación de agua

Según Larrazabal (2021), el agua puede contaminarse por diversas fuentes, para más detalle ver tabla VI, la cual se muestra a continuación.

Tabla VI. **Contaminantes del agua**

El agua puede contaminarse mediante	Descripción
Hidrocarburos	Casi siempre posee un efecto local sobre la vida silvestre o acuática, pero el potencial de extensión es enorme
Absorbentes de oxígeno	El agua por lo general tiene microorganismos en su interior, ya sean aeróbicos o anaeróbicos, en función de la materia biodegradable suspendida en el agua. Un exceso de microorganismos consume oxígeno y lo agota provocando la muerte de organismos aeróbicos generando la producción de toxinas nocivas tales como amoníaco y sulfuros
Contaminación subterránea	Los plaguicidas y productos químicos asociados al suelo son lixiviado por el agua de lluvia, absorbidos en la tierra y contaminando así, las aguas subterráneas
Contaminación microbiológica	En los países en desarrollo, las personas beben agua sin tratar directamente del río, arroyo u otra fuente. Algunas veces existe contaminación natural causada por microorganismos como virus, bacterias y protozoos. Esta contaminación natural es posible que cause enfermedades graves para las personas, muerte de peces y otras especies
Contaminación por materia suspendida	No todas las sustancias químicas se disuelven fácilmente en el agua. Estas son denominadas "materia particulada". Este tipo de sustancias puede dañar e incluso matar a los organismos acuáticos
Contaminación química del agua	Industrias operan con productos químicos los cuales desechan directamente a alguna fuente de agua. También los agroquímicos utilizados en exceso en la agricultura para controlar plagas y enfermedades terminan en el río envenenando la vida acuática, esterilizan la biodiversidad y la vida humana.

Continuación tabla VI.

Contaminación por nutrientes	Alta concentración de fertilizantes agrícolas e industriales en aguas de consumo cambió todo el panorama.
Otros	Muchas aguas residuales, fertilizantes y aguas de alcantarillados, contienen altos niveles de nutrientes que estimulan el crecimiento de algas y malezas en el agua provocando que no sea potable e incluso obstruya filtros

Fuente: Larrazabal (2021). *Contaminación del agua. Causas, consecuencias y tipos de agua contaminada.*

Según el documento las principales causas de contaminación del agua según el autor Larrazabal (2021), “el agua puede contaminarse debido a desechos industriales, aumento de temperaturas, uso de pesticidas en la agricultura, deforestación, derrames de petróleo y derivados” (párr. 2).

2.5. Remoción de pintura

La remoción de pintura consiste quitar o eliminar la pintura de una superficie mediante un impulsor, que en este caso es una máquina llamada granalladora. La remoción de pintura puede realizarse mediante materiales muy pequeños los cuales actúan como adsorbentes para eliminar mediante fricción o contacto dicha capa de pintura.

Según Torres (2019):

La remoción de pintura puede realizarse mediante una máquina la cual se utiliza granos (superficies muy pequeñas) de acero, estas deben tener contacto con una superficie (la cual desea remover la pintura) y debe ser a

una rápida velocidad, esta velocidad se genera mediante este equipo especial.

El contacto de metal con el material de acero puede usarse para eliminar óxido, contaminantes superficiales que pueden afectar el aspecto de una pieza. El contacto también proporciona un perfil de una pieza para aumentar la adherencia de un revestimiento a una superficie.

Al tipo de máquina se le conoce como granalladora o máquina de chorro de arena (*sandblast* en inglés) se utilizan principalmente para tratar la superficie de productos de acero en grandes cantidades. El uso de la máquina de granallado puede eliminar eficazmente las rebabas en la superficie de los productos de acero, así como algunos de óxido a gran escala.

Además de lo anterior, la máquina de granallado también se puede utilizar en el campo de la fabricación de placas de acero y en el campo de la fabricación de válvulas. (párr. 2-5)

2.5.1. Materiales removedores de pintura

A continuación, se describe en qué consiste el material usado en las granalladoras para que sea factible la remoción de pintura.

Según Campbell (2011):

El material que se usa se trata del medio abrasivo esférico más económico que tiene una capacidad de reciclaje de más de 30 veces debido a su robustez y alta durabilidad. Es producido por el acero fundido mediante un

proceso de atomización. Las industrias metalúrgicas son las principales usuarias.

Las granallas de acero o *steel shots* se fabrican a partir de chatarra de acero es excepcionalmente duradera, debido a su baja friabilidad (el impacto de la máquina en realidad templea la granalla de acero para que su dureza aumente con el tiempo, lo cual permite que dé consistencia, repite el mismo rendimiento durante miles de ciclos. Tiene una tasa de descomposición extremadamente baja, incluso produce poco polvo.

Las fuerzas que desarrollan la capacidad de limpieza de los abrasivos metálicos también tienden a reducir el tamaño de las partículas abrasivas y a provocar su eventual descomposición en polvo. Cuanto mayor sea la descomposición de las partículas, menor será el índice de limpieza. (p. 1)

2.5.2. Métodos de aplicación de pintura

El uso de pinturas en la industria y de forma casera puede utilizarse de distintas formas las cuales se describen a continuación.

2.5.2.1. Pulverización con/sin aire

Según Ambiente cálido (2018):

Excelente método para llevar a cabo la aplicación de pintura industrial. Permiten diferentes niveles de presión o patrón. Este tipo de pulverizador atomiza la pintura con mayor presión que un pulverizador de aire. Es ideal para las grandes áreas industriales de forma rápida, y además es más eficiente que un rociador de aire. (p. 1)

2.5.2.2. Rodillo/brocha

Una de las herramientas de mayor uso según Ambiente Cálido (2018) describe que “este método se puede aplicar la pintura de manera eficiente y rápida. Los rodillos tienen formas diferentes, con los que se consiguen resultados distintos. La brocha clásica es excelente para detalles minuciosos” (p. 1).

2.5.2.3. Recubrimiento por inmersión

Para Ambiente Cálido (2018), indica que un recubrimiento por inmersión es cuando “se sumerge el elemento en la pintura directamente y se deja que se seque. Este tipo de método funciona para la aplicación de pintura industrial” (p. 1).

2.6. Tipos de pintura

Es necesario conocer los distintos tipos de pintura que podemos usar en la industria y de forma casera; ya que dependiendo de su composición será el uso en el cual se adapte más a sus necesidades.

Las pinturas pueden clasificarse según superficie a aplicar, duración, composición la cual se describe en la tabla VII.

Tabla VII. Clasificación de pintura

Clasificación de pintura	Descripción
Látex o plásticas	También llamada pintura de caucho o de agua, se caracteriza por ser de fácil aplicación, excelente recubrimiento, rápido secado y lavable, con lo cual puede limpiarse periódicamente para que dure más tiempo. Es considerada una de las pinturas ideales para interiores, ya que casi no desprende olor. Las opciones son diversas y algunas pueden usarse también para exteriores: sobre cemento, yeso y algunos derivados.
Esmaltes sintéticos	Tiene mayor durabilidad que la pintura plástica. Su composición está hecha a base de disolventes o aceite en lugar de agua. Conserva de manera eficaz el brillo en la intemperie y puede utilizarse tanto para espacios externos como para lugares de mucha humedad, como cocina y baños. En cuanto al tiempo de secado, es de entre 3 y 4 horas. Y, por su composición, emana olores fuertes El esmalte sintético es una excelente opción para utilizar en metales, ya que tiene una gran adherencia y recubrimiento. Se puede conseguir también en acabado mate, satinado o brillante.
Acrílicas	Es de secado rápido, se maneja con facilidad y su acabado es semibrillo o brillo. Está diseñada con algún polímero de tipo acrílico que, al secarse, le brinda autoprotección ante el agua o la humedad. Puede demorar un día completo para su secado total. Los azulejos, en general, están hechos a base de arcilla. Son fáciles de limpiar y, para renovarlos, se pueden pintar y cambiar el color o hacer algún diseño decorativo.
Aerosoles	Tienen muchas particularidades a la hora de su aplicación, requieren un acabado de excelencia. Su función no solo tiene que ver con embellecer o decorar sino, también, con la protección del metal, permitiendo que éste dure mucho más tiempo.
Pinturas ecológicas	Los productos ecológicos están fabricados a base de componentes de baja emisión, lo cual significa que son menos contaminantes y menos dañinos para el medio ambiente. En general, las pinturas ecológicas no tienen compuestos orgánicos volátiles y no emanan sustancias tóxicas. Otras características de las pinturas ecológicas es que no desprenden prácticamente olor y presentan unos altos niveles de durabilidad y resistencia.

Fuente: Govea (2019). *Tipos de pintura: cuáles son y para qué sirven.*

2.7. Solventes

Es importante conocer los solventes que se utilicen cuando se aplique la pintura, ya que depende de la compatibilidad de los mismos con el tipo de pintura; para una eficaz aplicación.

Según Bricotex (2021):

La mayoría de las pinturas, esmaltes, barnices necesitan de un solvente para aplicarse ya que contienen una alta viscosidad. El objetivo de los disolventes es lograr que las pinturas sean más fluidas.

Todos los disolventes se evaporan de la pintura, desaparecen una vez que las pinturas se han secado por completo. Es importante conocer que su función es únicamente como facilitador de la aplicación de pintura y como elemento de limpieza no como aditivo de las pinturas. (párr. 1)

Existen otros tipos de solventes los cuales se describen a continuación.

Tabla VIII. Tipos de solventes

Tipo de solvente	Descripción
Agua	Las pinturas látex acrílicas o plásticas, los esmaltes al agua o la pintura al temple utilizan agua como disolvente. En este caso es lo indicado para regular su viscosidad y lavar las herramientas
Aguarrás vegetal o trementina	Está elaborada a través de la destilación de una oleoresina extraída de algunas especies de coníferas. Es un diluyente muy común de barnices y pinturas sintéticas con propiedades favorables para mejorar la consistencia y el secado de las mismas

Continuación tabla VIII.

<i>White spirit</i> o aguarrás mineral	Es un derivado del petróleo, y uno de los disolventes más utilizados para todo tipo de pinturas sintéticas como esmaltes y barnices. Muy útil en la aplicación con brocha y rodillo, y para el mantenimiento de las herramientas
Alcoholes	Hay distintos tipos de alcoholes que se utilizan como productos de limpieza, para quitar pegamentos y también ceras. Pero además como disolventes, tanto en la fabricación de las pinturas... como en su aplicación. Algunos de los alcoholes utilizados son el metanol, etanol, propanol y el isopropanol.
Disolvente nitrocelulósico	Una de las propiedades más destacadas de este disolvente es su rápida evaporación en contacto con el aire. Esta cualidad hace que sea perfecto para la aplicación de pinturas sintéticas con pistola o soplete
Disolventes universales	Están constituidos por un conjunto de alcoholes, cetonas y otros hidrocarburos, los cuales logran una buena y homogénea disolución de pinturas de distintos tipos. Algunos de los productos en los que se puede utilizar un disolvente universal son los esmaltes y barnices sintéticos, las pinturas y barnices nitrocelulósicos, las pinturas epoxi y los poliuretanos

Fuente: Pinto mi casa (2007). *Tipos de diluyentes o disolventes para pinturas, y para qué se usan.*

2.7.1. Solvente de clorocaucho

Según Bricotex (2021), indica que un solvente de clorocaucho “es un producto específico, mezcla de solventes orgánicos, para diluir pinturas y barnices que tiene clorocaucho como base. Por lo general, este tipo de pintura se usa para pintar piscinas, o superficies en contacto con líquidos” (párr. 4).

2.7.2. Solvente de poliuretano

Es un solvente poco común según Bricotex (2021) “es un producto específico (mezclas de disolventes orgánicos y cetonas) su uso es para diluir pinturas y limpieza de utensilios para pinturas, esmaltes o barnices que contengan poliuretano” (párr. 6).

2.8. Cabinas de aplicación de pintura

Existen distintos tipos de cabinas para la aplicación de pintura, es importante saber que tienen la misma finalidad la cual es la de pintar superficies con aerosol sin que estos generan partículas suspendidas.

En el manual de fabricación según Powdertronic (2014) explican distintas definiciones como se describen a continuación.

2.8.1. Cabinas para pinturas en spray

Según Powdertronic (2014) dichas cabinas “tienen filtros sintéticos capaces de filtrar más del 90 % de los componentes volátiles orgánicos (VOCs). Ideales para producciones pequeñas y/o medianas, puede utilizarse para pinturas a base de agua o solvente” (párr. 1).

2.8.2. Cabinas para pintura en polvo

Según Powdertronic (2014), las cabinas para pintura en polvo:

Tienen la capacidad de recuperar pintura. Permiten el cambio rápido de color: la recuperación de la pintura se efectúa mediante cartuchos, lavables,

colocados horizontal o verticalmente, en módulos intercambiables para un cambio rápido de color, depende el modelo. La limpieza de filtros es mediante pulsos de aire programables. Se utilizan para producciones industriales muy grandes. (párr. 2)

2.8.3. Cabina de cortina de agua con BSRAF

Las cabinas de cortina de agua con BSRAF son aquellas de cortina de agua con bomba y sistema recolector automático de floculado.

Según Powdertronic (2014) dichas cabinas “se utiliza para aplicar pintura líquida, es un equipo eficiente cuenta con un sistema muy sencillo y eficaz para atrapar las partículas sólidas remanentes de la pintura” (párr. 3).

3. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

De acuerdo con los objetivos propuestos se presentan los siguientes resultados.

- Objetivo 1: identificar la situación de la empresa mediante la elaboración de un diagnóstico.

Se inició con la identificación del proceso y de una inspección inicial en sitio para verificar metodología de trabajo, insumos y residuos generados.

3.1. Análisis descriptivo de la información

Se realizó una lista de verificación con la finalidad de inspeccionar los controles actuales del proceso. La lista de verificación se clasificó en 4 rubros los cuales son residuos, impactos ambientales, uso de químicos y tratamiento y reutilización de residuos.

La lista tiene 10 preguntas puntuales con respuestas cortas. Los criterios de ponderación fueron los siguientes: 10 %, es igual al cumplimiento total, 5 %, es igual al cumplimiento parcial, 0 % es el cumplimiento nulo.

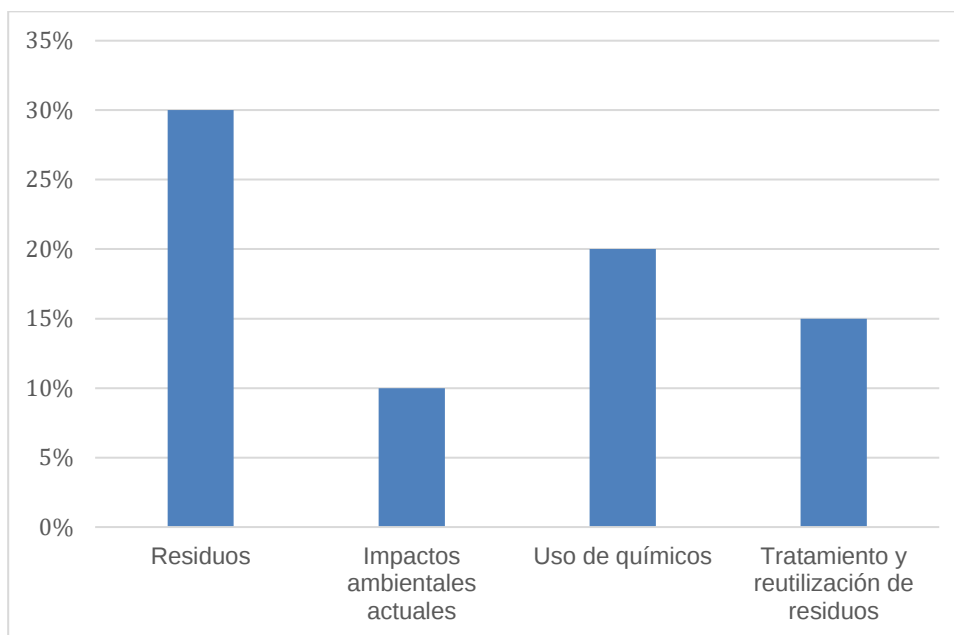
El diagnóstico incluye la cuantificación de residuos sólidos y líquidos del proceso.

Tabla IX. **Diagnóstico proceso de remoción y pintado de cilindros**

Cláusula	Actividad	Proceso responsable	Documentación sugerida	Documentación apoyo	Ponderación
Acciones para abordar riesgos y oportunidades	Determinar aspectos ambientales de sus actividades que puede controlar y los que pueden influir, además de los asociados desde la perspectiva del ciclo de vida, tomando en cuenta cambios y condiciones anormales previsibles.	Mantenimiento de cilindros	Elaboración de matriz de aspectos e impactos ambientales	Lista de verificación	75 %

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Figura 1. **Diagnóstico proceso de remoción y aplicación de pintura**



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Tabla X. **Resultado por clasificación de diagnóstico**

Clasificación	Resultado
Residuos	30 %
Impactos ambientales actuales	10 %
Uso de químicos	20 %
Tratamiento y reutilización de residuos	15 %

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Tabla XI. **Insumos del proceso de remoción y aplicación de pintura a cilindros de acero**

No	Insumos	Cantidad
1	Abrasivo (kg)	0.23
2	Pintura a base de agua (m ³)	0.00
3	Cilindro con pintura (No)	36.00
4	Agua (m ³)	1.89

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Tabla XII. **Cuantificación de residuos**

No	Insumos	Cantidad
1	Desecho sólido de pintura con abrasivo en forma de polvo (kg)	0.43
2	Agua con residuo de pintura (m ³)	1.89
3	Cilindro con pintura (No)	36.00
4	Waípe (kg)	0.05

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Tabla XIII. Lista de verificación del proceso de remoción y pintado de cilindros

No	Clasificación	Actividad	Si /No	Evidencia	Observaciones	Ponderación	Acumulación
1	Residuos	Se pueden enumerar los residuos que se generan en el proceso	Residuos Sólidos		El abrasivo se desintegra al tener contacto con acero y pintura removida. Dicho residuo se clasifica polvo.	10 %	30 %
			SI	Pintura y abrasivo en forma de polvo Waípe con trazas de pintura y thinner			
			Residuos líquidos		Se observa residuo líquido bifásica; en la parte superior se observa trazas de pintura y agua en la parte inferior. Visualmente el agua es transparente y puede decantarse fácilmente.		
			SI	Agua con trazas de pintura			
			Residuos gaseosos		Residuos no visibles por el uso de cabina de pintura.		
			SI	Material particulado por aplicación de pintura en forma de aerosol			
2		Se pueden cuantificar los residuos	SI	Todos los residuos son cuantificables, mediante peso.	Se tiene acceso a una báscula calibrada de 600 lb.	10 %	
3		Se puede obtener una muestra de contabilización de residuos	SI	Si, se pintan 70 cilindros, la muestra para analizar es de 36 cilindros	Se realiza una proyección de residuos a base de la muestra determinada.	10 %	

Continuación tabla XIII.

4	Impactos ambientales actuales	Existen controles para disminuir los impactos ambientales	SI	Si, actualmente se utiliza una cabina de agua para absorber el material particulado.	La cabina de agua está protegida por una cortina la cual impide que las partículas sean visualizadas en el exterior del equipo.	10 %	10 %
5		Actualmente se trata algún residuo mencionado en la pregunta 1	NO	No, todos los residuos previamente mencionados no son tratados.	La empresa tiene planes a corto plazo de tratar los residuos del proceso.	0 %	
6	Uso de químicos	Se considera de bajo impacto el proceso	NO	Se requiere de análisis de muestras para continuar con el estudio.	Evaluar realizar análisis para continuar con la investigación.	0 %	
7		Tienen químicos involucrados en el proceso, ¿Cuáles son dichos químicos?	SI	Thinner y pintura	La pintura se guarda en envases de fábrica y el químico thinner se utiliza según demanda.	10 %	20 %
8		Se guardan de forma adecuada	SI	Si, actualmente el thinner se guarda en toneles cerrados y sin exposición al sol.	Debido a que son sustancias inflamables están debidamente rotulados.	10 %	
9	Tratamiento y reutilización de residuos	Es factible el tratamiento de residuos de un proceso de remoción de pintura en cilindros	SI	Si, una empresa de tratamiento puede tratar waípe con pintura, thinner, residuos de pintura sólida.	Se tiene acceso a información de parte de proveedores para tratar dichos residuos.	10 %	15 %

Continuación tabla XIII.

10	Existe la factibilidad de reutilizar los residuos	SI	Los residuos abrasivos y pintura solida se pueden reutilizar en industria de cemento y construcción. El agua puede tratarse. El waípe puede usarse material con microfibra para limpiar los residuos de pintura.	Se necesita mayor información para verificar factibilidad de dichos residuos.	5 %
----	---	----	--	---	-----

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

- Objetivo 2: determinar las acciones a tomar o mantener de una matriz de riesgos de aspectos e impactos ambientales según norma ISO 14001:2015 que genera un proceso de remoción y aplicación de pintura a cilindros de acero inoxidable ubicada en la zona 12 de la Ciudad de Guatemala, Guatemala.

En el presente objetivo se abarcó el cumplimiento del objetivo general el cual fue la generación de matriz de aspectos e impactos ambientales. Esto se debe a que es necesario conocer la matriz para poder determinar las acciones a tomar. Por ende, se establece el cumplimiento del objetivo 2 y el general.

Nota: el objetivo 2 se describe en las últimas dos columnas de la matriz.

Se elaboró una tabla de criterios para ponderar el nivel de riesgo. Las acciones a tomar se determinaron con base a la evaluación de la probabilidad de que se presentara dicha actividad y su consecuencia:

Tabla XIV. Criterios de clasificación de riesgos

CONSECUENCIAS/ PROBABILIDAD QUE OCURRA			Puede ocurrir sólo en casos muy especiales (no ha ocurrido en el último año)	No se espera que ocurra (ha ocurrido en los últimos 6 meses)	Puede ocurrir algunas veces (ha ocurrido en los últimos 3 meses)	Ocurre la mayoría de veces (ocurre al menos una vez al mes)	Se espera que ocurra en toda las circunstancias (ocurre al menos una vez a la semana)
			1	2	3	4	5
5	GRAVE	Daño mayor. Costo de Remediación: mayor Q.20,000.00 derrame mayor a 1 tonel, efecto de más de 5 días. Con necesidad de remediación / Requisito Legal.	MODERADO (5)	SIGNIFICATIVO (10)	ALTO (15)	ALTO (20)	MUY ALTO (25)
4	MAYOR	Costo de Remediación: Igual o mayor a Q.10,000.00 derrame igual o mayor a 7 galones, Efecto de más de 48 horas.	MODERADO (4)	SIGNIFICATIVO (8)	ALTO (12)	ALTO (16)	ALTO (20)
3	MEDIO	Costo de Remediación: Igual o mayor a Q.5000.00, derrame igual o mayor a 5 galones. Efecto de más de 24 horas.	BAJO (3)	MODERADO (6)	SIGNIFICATIVO (9)	ALTO (12)	ALTO (15)
2	MENOR	Costo de Remediación: Q.0-1000.00 derrame igual o mayor a 1 galón, Efecto de más de 3 horas.	BAJO (2)	MODERADO (4)	MODERADO (6)	SIGNIFICATIVO (8)	SIGNIFICATIVO (10)
1	INSIGNIFICANTE	Costo de Remediación: Q.0.00 derrame menor a 01 galón, Reversible, sin efectos de más de 1 hora, sin necesidad de remediación.	BAJO (1)	BAJO (2)	BAJO (3)	MODERADO (4)	MODERADO (5)

PRIORIDAD	ACCIÓN
MUY ALTO	Reducir riesgo, Evitar riesgo, Compartir o transferir el riesgo
ALTO	Evitar el riesgo, compartir o transferir el riesgo
SIGNIFICATIVO	Reducir riesgo
MODERADO	Monitorear Riesgo
BAJO	Asumir riesgo

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Tabla XV. Matriz de aspectos e impactos ambientales

ACTIVIDAD		IDENTIFICACIÓN		ANÁLISIS			NIVEL DE RIESGO	ACCIÓN A TOMAR	DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD / TOMAR
No	ACTIVIDAD	ASPECTO	IMPACTO	PROBABILIDAD	CONSECUENCIA	NIVEL DE RIESGO			
1	Colocación de material abrasivo en máquina granalladora.	Generación de residuos sólidos. (tonel metálico-empaque primario)	Contaminación suelo	5	1	5	Moderado	Monitorear riesgo	El tonel se reutiliza como base de uso interno en planta.
2	Colocación de cilindro de forma horizontal en máquina	Uso de nitrógeno comprimido	Generación de gas a la atmósfera	5	1	5	Moderado	Monitorear riesgo	Insignificante cantidad generada a la atmósfera, ya que se utiliza para accionamiento neumático.
3	Encender máquina granalladora y esperar 3 minutos a que se remueva la pintura	Uso de energía eléctrica	Agotamiento de recursos naturales	5	1	5	Moderado	Monitorear riesgo	Se contabiliza consumo de día, se apaga máquina cuando se utiliza.
4	Remover pintura en cilindro	Generación de material particulado (abrasivo) Generación de material particulado (pintura)	Contaminación suelo	5	2	10	Significativo	Disminuir riesgo	Dar tratamiento a ambos residuos sólidos generados como de máquina granalladora. Ambos desechos deben ser pesados. Posteriormente pueden incinerarse mediante un servicio tercerizado.
5	Actividades de mantenimiento de máquina granalladora	Residuos contaminados con grasas y aceites	Contaminación suelo	3	2	6	Moderado	Monitorear riesgo	Residuo de aceites con aceite mediante una empresa competente.
6	Traslado de cilindro a cabina de pintura	-	-	-	-	-	-	-	-
7	Preparación de pintura con solvente (thinner)	Generación de residuos sólidos (waipes con pintura y thinner)	Contaminación suelo	3	2	6	Moderado	Monitorear riesgo	Residuo es tratado mediante empresa competente.
8	Encender máquina de cabina de pintura (para succión)	Consumo de energía	Uso de recursos no renovables	5	1	5	Moderado	Monitorear riesgo	Se contabiliza consumo de día, se apaga máquina cuando se utiliza.
9	Pintado cilindro (dentro de la cabina).	Generación de material particulado (pintura)	Contaminación aire	5	1	5	Moderado	Monitorear riesgo	Se tiene columna de agua y pintura para atrapar el material particulado, adicional se utiliza cortina que aísla completamente el proceso de pintura de cilindro.
		Generación de residuo líquido con trazas de pintura	Contaminación agua	5	2	10	Significativo	Disminuir riesgo	Dar tratamiento a residuo líquido con trazas de pintura: Debe usarse método que permita la separación del residuo líquido (agua) de la pintura. Evaluar implementar coagulante y filtros los cuales permitan que las trazas de pintura se separen del residuo líquido un tratamiento adecuado dependiendo de la composición.
10	Situación de emergencia: Derrame de químicos	Generación de residuo líquido con pintura y thinner	Contaminación suelo	3	2	6	Moderado	Monitorear riesgo	Residuo es tratado mediante empresa competente.

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

- Objetivo 3: establecer la relación beneficio costo de los residuos generados en el proceso de remoción y aplicación de pintura a cilindros de acero respecto a sus insumos

Para poder establecer los beneficios, se investigó sobre la inversión necesaria para tratar los residuos del proceso; es decir; la cantidad monetaria que la empresa debería invertir para tratar los residuos en sitio.

En los costos se especificó el precio en tratar los residuos por empresas competentes.

Es importante remarcar que en los costos para tratar el agua contaminada se especifica la compra de floculantes y filtros, los cuales aún no están implementados, sin embargo, son una acción inmediata para iniciar con el tratamiento en sitio.

Todos los cálculos se basaron en los insumos.

Tabla XVI. Beneficios de proceso remoción y aplicación de pintura (Q/cilindro)

Tipo de residuo	Descripción	Residuos (36 cilindros)	Costo de una planta incineradora para tratar desechos sólidos y planta de tratamiento de agua residual
Sólido	Abrasivo y pintura sólida	0.434 kg	
	Waípe contaminado	0.05 kg	Q 5,417,258.00
Líquido	Agua con pintura	1.89 m ³	Q. 249,600.00
	Beneficio		Q 5,666,858.00

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Tabla XVII. **Costo de tratamiento de residuos de proceso remoción y aplicación de pintura (Q/cilindro) al mes**

Tipo de residuo	Descripción	Residuos (36 cilindros)	Costo por tratamiento (Q)	Costo por tratamiento (Q/36 cilindro)	Costo por tratamiento (Q/cilindro)	Costo por tratamiento al mes (Q) * asumiendo 70 cilindros diarios*
Líquido	Agua con pintura	Fase decantada: 0.03 kg	Filtros Q.0269/kg	0.008	0.0002	0.54
		Volumen de agua: 1.89 m³	Floculante Q.55,263.16/m³	41941.2	104848.8	104848.8
Sólido	Abrasivo y pintura sólida	0.434 kg	5 Q/kg	2.604	0.08	196.61
	Waípe contaminado	0.05 kg	5 Q/kg	0.25		
Costo total						Q 105,045.97

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Para la tabla presentada, el tratamiento de decantación no se realiza actualmente. Los filtros tienen una capacidad para 35 a 45 micrones. Se asume que la aplicación del floculante es del 40 % de la capacidad total de agua utilizada.

Tabla XVIII. **Relación beneficio/costo**

Beneficio	Q. 5,666,858.00
Costo	Q. 105,051.87
B/C	Q. 53.95

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

- Análisis interno

La empresa no tiene certificación ISO 14001:2015. El reporte diagnóstico permitió conocer las condiciones actuales de la empresa y a pesar de que no tiene certificación; según tabla IX, contiene 75 % de cumplimiento. El proceso es corto y rápido lo que facilitó la recolección de datos sobre los residuos generados por la muestra de 36 cilindros tomada.

Es importante resaltar que todos los residuos se generaron según demanda a excepción del consumo de agua el cual fue constante con volumen de 1.89 m³, el cambio se realiza semanalmente.

La evaluación diagnóstico identificó que la empresa tiene un cumplimiento del 30 % sobre los residuos que se generan, ya que se tienen implementados controles para cuantificarlos y tratarlos tales como el waípe con aceite. En los impactos ambientales actuales tiene un cumplimiento del 10 %, a pesar de que se tiene implementada una cabina de pintura para evitar que material particulado contamine la atmósfera, no es suficiente para controlar los demás impactos analizados en la matriz.

En el aspecto de residuos se obtuvo un 20 % evidenciando que se los químicos utilizados se tienen almacenados de una manera adecuada bajo los lineamientos de uso correctos. En la sección sobre tratamiento y reutilización de residuos se obtuvo un porcentaje de cumplimiento de 15 % ya que los residuos

generados son posible su tratamiento. El porcentaje total de cumplimiento abre brecha para trabajar en las acciones y aspirar a una certificación ISO 14001 y además disminuir sus impactos ambientales.

La elaboración de la matriz permitió establecer e identificar que de las 10 actividades analizadas el 80 % se mantiene en nivel de riesgo moderado, lo cual es un indicador para identificar que el proceso es en general de bajo impacto al ambiente. Al clasificar un nivel de riesgo en moderado, la acción a tomar se describe como mantener el riesgo; lo cual denota que el control implementado es suficiente para mantener la consecuencia baja; o es una actividad que la probabilidad que ocurra no es frecuente y por lo tanto la evaluación con la consecuencia es moderada.

El 20 % restante pertenece a un nivel de riesgo significativo, lo cual denota que debe aplicarse un control a la actividad analizada ya que la acción a tomar es la disminución de riesgo. Según tabla XV, se analizaron dos actividades las cuales corresponden a la falta de tratamiento de los residuos del proceso. La primera actividad pertenece a la remoción de pintura la cual está relacionada con el uso de la máquina granalladora y el abrasivo para que la pintura pueda removerse. La segunda actividad pertenece a la aplicación de pintura la cual se relaciona con la cabina de pintura y el uso de pintura para pintar el cilindro. En ambas actividades se evaluó la factibilidad de tratamiento mediante terceros.

De la actividad de remoción de pintura se desecha pintura en polvo y abrasivo en polvo; dicho residuo se obtiene de las mangas unidas a la máquina granalladora. El residuo es de color gris y sus partículas son finas con aspecto de polvo fino. Según ficha técnica del abrasivo, el hierro es el mayor compuesto del que está formado con un porcentaje en peso de 96 %. Por lo tanto, se indica que la mayoría del residuo está compuesto por hierro u óxido de hierro. Dicho

residuo no explota sin embargo puede provocar situaciones peligrosas de fuego leve y por ende un extintor tipo D puede mitigar dicho peligro.

De la actividad de aplicación de pintura se desecha una mezcla de trazas de pintura y agua dicha pintura se puede observar fácilmente encima del agua usada para la cabina por ende puede decantarse o separarse en fases para su tratamiento.

La empresa está comprometida para disminuir su nivel de riesgo y por ende hay controles los cuales pueden implementarse de inmediato tales como la aplicación de coagulantes y filtros para facilitar la separación de fases y posterior su tratamiento.

Los residuos generados en el proceso de remoción y aplicación de pintura no necesitan de un método de alta inversión, debido a que la cantidad generada no es significativa según se evidencia en tabla XII.

En tabla XII uno de los residuos identificados fue el uso de waípe, dicho material funciona, ya que no deja residuo al limpiar y adicional está constituido de residuos de algodón. Existen alternativas como los trapos de microfibra los cuales no dejan residuo y su precio incluso es más alto que el waípe por ende no se buscó alternativa para tratar dicho residuo.

En el proceso de remoción y aplicación de pintura se observaron medidas las cuales están implementadas tales como el almacenamiento adecuado de químicos como *thinner* y waípe usado. Los residuos se recolectan de forma ordenada y son segregados de la basura ordinaria. Durante el proceso de recolección de datos se tuvo acceso a una báscula calibrada para pesar los residuos.

Para el análisis de beneficio costo a partir de los aspectos ambientales generados según insumos del proceso, se validó que la empresa ahorra la necesidad de implementar una planta de tratamiento para incinerar los residuos y también una planta de tratamiento de agua. Este ahorro es debido a que la cantidad de residuos generados es muy baja. Adicionalmente, ambos residuos tienen la ventaja de que pueden tratarse mediante empresas especializadas para ello.

Para poder establecer los beneficios, se investigó sobre la inversión necesaria para tratar los residuos del proceso; es decir; la cantidad monetaria que la empresa debería invertir para tratar los residuos en sitio. El beneficio fue determinado de esta manera, ya que, es el costo evitado en qué incurriría la empresa al no contratar el servicio de tratamiento del residuo, lo cual puede llevar a un costo mayor en el futuro como es la inversión de tratamientos en sitio.

En los costos se especificó el costo del servicio para el tratamiento de los residuos por empresas competentes. Adicionalmente se validó que el residuo sólido de pintura y abrasivo ha sido sujeto a investigaciones de reusó como atenuador de rayos X en mezclas de cemento y de hule. Si bien, el uso de alternativas necesita de mayor experimentación y puede continuar su investigación al presente estudio.

Según tabla XVII se especificó el costo del servicio para el tratamiento de los residuos por empresas competentes. En dicha tabla, se describe el uso de filtros y floculantes como una alternativa de tratamiento del agua. Esta práctica aún no está implementada en planta, sin embargo, son acciones inmediatas para iniciar con el tratamiento.

La relación beneficio costo según tabla XVIII genera factibilidad del estudio. El resultado obtenido fue de Q. 53.95 el cual evidencia que por cada unidad de costo se tienen Q. 53.95 de beneficio para la empresa.

CONCLUSIONES

1. Se generó la matriz de riesgos de aspectos e impactos ambientales del proceso de remoción y aplicación de pintura a cilindros de acero inoxidable.
2. La empresa tiene 75 % de cumplimiento como resultado de su diagnóstico y cuenta con herramientas para llevar a cabo una matriz de aspectos e impactos ambientales.
3. Se determinaron dos acciones a tomar para disminuir el impacto ambiental para la actividad de remoción y aplicación de pintura respectivamente: una de ellas es enviar los residuos de pintura sólida y abrasiva a tratamiento con una empresa competente. La segunda acción es separar la fase de pintura del agua, secar para enviar a tratamiento con empresa competente.
4. La empresa ahorra Q. 53.95 por unidad de costo al dar tratamiento a los desechos generados en el proceso de remoción y aplicación de pintura.

RECOMENDACIONES

1. Establecer de forma detallada en la matriz de riesgos los criterios de consecuencia para que la clasificación del impacto ambiental sea fácilmente clasificable.
2. Verificar eficacia de las acciones tomadas en la evaluación diagnóstico presentado.
3. Analizar el agua (previamente decantada de las trazas de pintura) para verificar cumplimiento con la legislación ambiental Acuerdo Gubernativo 236-2006.
4. Evaluar alternativas de uso de residuos para continuar con el análisis del presente estudio. Se sugiere visitar a las empresas competentes especializadas en tratamiento de residuos y conocer la vida útil del residuo.

REFERENCIAS

1. Ambiente cálido (2018). Aplicación de pintura industrial. Madrid: Autor. Recuperado de <https://ambientecalido.es/aplicacion-de-pintura-industrial/>.
2. Andersen, M. (2003). *¿Es la certificación algo para mí?* San José, Costa Rica: FAO. Recuperado de <http://www.fao.org/3/ad818s/ad818s00.htm#Contents>.
3. Baca, F. (2015). *Uso del tratamiento físico-químico para la depuración del efluente generado en una industria de pinturas y de barnices previos a su disposición final, ubicada en el distrito de Carabayllo – Lima, Perú* (Tesis de licenciatura). Universidad de Callao, Perú. Recuperado de <http://repositorio.unac.edu.pe/handle/UNAC/1008>.
4. Bricotex. (16 de febrero, 2021). Tipos de disolventes y sus diferentes usos. [Mensaje en un blog]. Recuperado de https://www.bricotex.pro/tienda/blog-pinturas-bricolaje/42_Tipos-de-Disolventes-y-sus-Diferentes-Usos.html.
5. Campbell, J. (2011). *Complete Casting Handbook*. Birmingham, Inglaterra: Elsevier Ltd. Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/steel-shot>.
6. Cardona, D. (diciembre, 2015). Diseño de un sistema de gestión integrado para la empresa de pinturas automotrices e industriales.

Revista Ingeniería Industrial UPB, 3(3), 42-52. Recuperado de <https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/6538/DISE%c3%91O%20DE%20UN%20SISTEMA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

7. Escuela Europea Excelencia (13 de julio 2016). ISO 14001 2015: Los aspectos ambientales. [Mensaje en un blog] Recuperado de <https://www.nueva-iso-14001.com/2016/07/iso-14001-2015-los-aspectos-ambientales/>.
8. González, E. (2006). *Elaborar el manual de gestión ambiental una herramienta que facilite el proceso de implementación en una empresa de elaboración de pinturas* (Tesis de licenciatura). Escuela Superior Politécnica de Litoral, Ecuador. Recuperado de <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/14528/3/Tesis%20Elena%20Gonz%c3%a1lez.pdf>.
9. Govea, I. (10 de enero, 2019). Tipos de pintura: cuáles son y para qué sirven. [Mensaje en un blog]. Recuperado de <https://buenavibra.es/casa/hogar-y-deco/tipos-de-pintura/>.
10. Intendencia Montevideo (2014). *Fuentes y efectos por contaminantes en el aire*. Montevideo, Uruguay: Autor. Recuperado de <https://montevideo.gub.uy/areas-tematicas/ambiente/calidad-del-aire/fuentes-y-efectos-por-contaminantes-en-el-aire>.
11. Larrazabal, M. (29 de octubre, 2021). Contaminación del agua. Causas, consecuencias y tipos de agua contaminada. [Mensaje en un blog].

Recuperado de <https://www.bialarblog.com/contaminacion-del-agua-causas-consecuencias-tipos/>.

12. Lerme. R. (agosto, 2020). Using wastes from the process of blasting with Steel shot to make a radiation shield in Mortar. *Sustainability*, 12(16), 1-18 Recuperado de <https://www.mdpi.com/2071-1050/12/16/6674>.
13. Miroslawa, P., Sawicki, J. y Maciej, R. (mayo, 2021). Shot blasting dust as a filler in elastome composites. *Sage Journals*, 53(8), 1105-1127. Recuperado de <https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/00952443211015357>.
14. Montó Pinturas (25 de noviembre, 2019). Tipos de solventes y diferentes usos: Escoge el más adecuado. [Mensaje en un blog]. Recuperado de <https://montopinturas.com/ver/3063/tipos-de-disolventes-y-diferentes-usos-escoge-el-mas-adecuado.html/>.
15. Omega. (2021). *Contaminación por partículas y seguridad ambiental*. España: Autor. Recuperado de <https://es.omega.com/technical-learning/contaminacion-por-particulas-y-seguridad-ambiental.html>.
16. Peña, M. (2017). *Diseño y construcción de una cabina automatizada para el pintado de cilindros de Glp dde 10 kg con capacidad de 600 cilindros por hora* (Tesis de licenciatura). Universidad Cesar Vallejo, Perú. Recuperado de <https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/3653>

7/Pe%c3%b1a_CMA-
Mart%c3%adnez_CRE.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

17. Pinto mi casa (29 de octubre, 2021). Disolventes para pinturas. [Mensaje en un blog]. Recuperado de <https://www.pintomicasa.com/2013/01/disolventes-para-pinturas.html>.
18. Powdertronic (17 de diciembre, 2014). Cortina de agua. [Mensaje en un blog]. Recuperado de <https://powdertronic.com/cabina-de-cortina-de-agua-con-bomba-y-sistema-recolector-automatico-de-floculado/#more-676>.
19. Rodas, L. (2016). *Diseño de un protocolo para el control, prevención y tratamiento de contaminantes generados por una industria de pinturas en el área de producción base agua, base aceite y laboratorio* (Tesis de licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala. Recuperado de <http://www.repositorio.usac.edu.gt/4308/1/Luc%C3%ADa%20Pamela%20Rodas%20Rodr%C3%ADguez.pdf>.
20. Ruda, E., Mongiello, A. y Acosta, A. (2004). *Clasificación de contaminantes*. Santa Fe, Argentina: Ediciones UNL. Recuperado de https://books.google.com.gt/books?id=GYWdzzcyZp0C&pg=PA39&dq=tipos+de+contaminaci%C3%B3n+del+suelo&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwjj_M-7tvLwAhXSc98KHZn_AGEQ6AEwA3oECAYQAg#v=onepage&q=tipos%20de%20contaminaci%C3%B3n%20del%20suelo&f=false.

21. Ruiz, R. (24 de mayo, 2018). *Criterios de implementación ISO 14000:2015. Caso estudio sector industrial-pinturas*. Colombia: Autor. Recuperado de <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/19102/1058324684.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
22. Torres, I. (8 de diciembre, 2019). Acciones correctivas- Qué son y Cómo gestionarlas. IVE consultores [Mensaje de un blog]. Recuperado de <https://iveconsultores.com/acciones-correctivas/>.

APÉNDICES

Apéndice 1. Matriz de consistencia

Problema principal	General	Pregunta General	Metodología	Resultados	Conclusiones	Recomendaciones
No se ha generado matriz de riesgos de aspectos e impactos ambientales según norma ISO 14001:2015 para tomar o mantener acciones y reducir potencial contaminación que genera un proceso de remoción y aplicación de pintura a cilindros de acero inoxidable ubicada en la zona 12 de la Ciudad de Guatemala, Guatemala.	Generar una matriz de riesgos de aspectos e impactos ambientales según norma ISO 14001:2015 para tomar o mantener acciones y reducir potencial contaminación que genera un proceso de remoción y aplicación de pintura a cilindros de acero inoxidable ubicada en la zona 12 de la Ciudad de Guatemala, Guatemala.	¿Qué se debe de generar en una tabla de relación a riesgos de aspectos e impactos ambientales según norma ISO 14001:2015 para tomar o mantener acciones y reducir potencial contaminación que genera un proceso de remoción y aplicación de pintura a cilindros de acero inoxidable ubicada en la zona 12 de la Ciudad de Guatemala, Guatemala?	Establecer criterios de donde se define metodología para evaluar un aspecto ambiental. La tabla de criterios permite ponderar impacto.	Se estableció una matriz de riesgos de aspectos e impactos ambientales del proceso de remoción y pintura a los cuales hacen referencia los residuos sólidos y líquidos generados durante el proceso.	Se generó la matriz de riesgos de aspectos e impactos ambientales del proceso de remoción y pintura a los cuales hacen referencia los residuos sólidos y líquidos generados durante el proceso.	Se sugiere delimitar con mayor detalle los criterios de consecuencia para que la clasificación del impacto ambiental sea fácilmente clasificable.

Continuación apéndice 1.

Problemas secundarios	Específico	Preguntas específicas	Metodología	Resultados	Conclusiones	Recomendaciones
No se ha realizado un diagnóstico en la empresa sobre los aspectos e impactos ambientales según norma ISO 14001:2015 que genera un proceso de remoción y aplicación de pintura a cilindros de acero inoxidable ubicada en la zona 12 de la Ciudad de Guatemala, Guatemala.	Realizar un análisis diagnóstico sobre los aspectos e impactos ambientales según norma ISO 14001:2015 que genera un proceso de remoción y aplicación de pintura a cilindros de acero inoxidable ubicada en la zona 12 de la Ciudad de Guatemala, Guatemala.	¿Cuál es el resultado diagnóstico que la empresa tiene sobre los aspectos e impactos ambientales según norma ISO 14001:2015 que genera un proceso de remoción y aplicación de pintura a cilindros de acero inoxidable ubicada en la zona 12 de la Ciudad de Guatemala?	Realizar una lista de verificación en sitio donde pueda ponderar la cantidad de actividades implementadas respecto a la disminución de impactos en el proceso.	Se analizaron 10 actividades con los siguientes resultados: Siete actividades cumplen totalmente una matriz de impactos (10 %) Una actividad cumple parcialmente con sus impactos (5 %) Dos actividades no cumplen con sus impactos (0 %)	Se identificó que la empresa cuenta con un 75 % de las acciones tomadas en la evaluación diagnóstico presentadas. Se hace necesario verificar eficacia de las acciones.	Se hace necesario verificar eficacia de las acciones tomadas en la evaluación diagnóstico presentadas.
No se han listado cuáles son las acciones a tomar o mantener de una matriz de riesgos de aspectos e impactos ambientales según norma ISO 14001:2015 que genera un proceso de remoción y aplicación de pintura a cilindros de acero inoxidable ubicada en la zona 12 de la Ciudad de Guatemala, Guatemala.	Listar cuáles son las acciones a tomar o mantener de una matriz de riesgos de aspectos e impactos ambientales según norma ISO 14001:2015 que genera un proceso de remoción y aplicación de pintura a cilindros de acero inoxidable ubicada en la zona 12 de la Ciudad de Guatemala, Guatemala.	¿Cuáles son las acciones a tomar o mantener de una matriz de riesgos de aspectos e impactos ambientales según norma ISO 14001:2015 que genera un proceso de remoción y aplicación de pintura a cilindros de acero inoxidable ubicada en la zona 12 de la Ciudad de Guatemala?	Según se ejecute la matriz de impactos, será posible listar las acciones a tomar según el resultado significativo.	Se determinaron dos acciones relacionadas al tratamiento de residuos ambiental: Una de ellas ligada a actividad "Remover pintura del cilindro" y la segunda ligada a actividad "Pintar cilindro"	Se determinaron dos acciones a tomar para disminuir el impacto ambiental: Una de ellas ligada a pintura sólida y abrasivo a 2006. La segunda acción es decantar la fase de pintura del agua y secar para enviar a tratamiento con empresa competente.	Se sugiere analizar el agua (previamente decantada de las trazas de pintura) para verificar el cumplimiento con la legislación ambiental de acuerdo al Gubernativo 236-2006.

Continuación apéndice 1.

Problemas secundarios	Específico	Preguntas específicas	Metodología	Resultados	Conclusiones	Recomendaciones
No se ha calculado la relación beneficio costo para reducir o permanecer con aspectos e impactos listados en la matriz de riesgos según norma ISO 14001:2015 que genera un proceso de remoción y aplicación de pintura a cilindros de acero inoxidable ubicada en la zona 12 de la Ciudad de Guatemala, Guatemala.	Calcular la relación de beneficio costo para reducir o permanecer con aspectos e impactos listados en la matriz de riesgos según norma ISO 14001:2015 que genera un proceso de remoción y aplicación de pintura a cilindros de acero inoxidable ubicada en la zona 12 de la Ciudad de Guatemala, Guatemala.	¿Cuál es la Relación beneficio costo para reducir o permanecer con aspectos e impactos listados en la matriz de riesgos según norma ISO 14001:2015 que genera un proceso de remoción y aplicación de pintura a cilindros de acero inoxidable ubicada en la zona 12 de la Ciudad de Guatemala, Guatemala?	Investigar el valor monetario de implementar una planta de tratamiento de residuos de agua y sólidos y compararlo con el costo de tratar los residuos por terceros para establecer una relación monetaria.	Se obtuvo de 5,666,858.00 de costo de 105,051.87 de costos. Ambos tratamientos de residuos. Se aplicó pintura a cilindros de acero inoxidable.	Se estableció un costo de 53.94 al tratar los residuos generados en el proceso de remoción y aplicación de pintura.	Se hace necesario evaluar alternativas de uso de residuos para continuar con el análisis del presente estudio. Se sugiere visitar a las empresas especializadas en el tratamiento de residuos y conocer la vida útil del residuo.

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.