

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA QUÍMICA Y TEXTIL**



**“APLICACIÓN DE UN PROGRAMA DE IMPLEMENTACIÓN DE  
PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA EN EL PROCESO DE PINTADO EN UNA  
EMPRESA METALMECÁNICA PERUANA”**

**INFORME DE SUFICIENCIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE:  
INGENIERO QUÍMICO**

**PRESENTADO POR  
GLENNY NATIVIDAD MUCCHING VIDAL**

**LIMA - PERÚ  
2013**

## **DEDICATORIA**

Quiero dedicar el presente trabajo a tres pilares importantes en mi vida, en primer lugar a mi amada madre Lidia Vidal Flores, por haber sido una madre amorosa, ejemplar, valiente y haber forjado en mí la persona que soy ahora, en segundo lugar, a mis hermanos Henry, Lidia y Emilia por su invalorable apoyo, respaldo y por saber que puedo contar con ellos en todo momento, y, finalmente, a mi amado Giancarlo, por su amor incondicional, apoyo constante y por enfrentar a mi lado cada desafío que nos ofrece la vida.

## **RESUMEN**

El presente informe tiene como finalidad desarrollar dos aspectos muy importantes de la implementación de un programa de Producción Más Limpia, estos son el Diagnóstico y el Estudio de Prefactibilidad, aplicado en una industria metalmecánica y específicamente para el proceso de pintado, tomando como caso de referencia una empresa de este rubro, ya que en nuestra realidad peruana este rubro se ha desarrollado sin considerar los impactos ambientales.

Los impactos ambientales negativos, es otra de las problemáticas del sector metalmecánico, lo cual representa un aspecto muy importante a ser analizado para lograr reducir la proporción en la generación de residuos que ocasionan riesgos ambientales y contaminan el medio ambiente. La aplicación de la metodología de Producción Más Limpia al sector metalmecánica de la ciudad a partir del diagnóstico ambiental en una empresa y la posterior implementación logrará un impacto ambiental significativo.

Lo que se quiere lograr es demostrar las deficiencias dentro del proceso de pintado y proponer oportunidades de mejora basados en la metodología de Producción Más Limpia.

El alcance del informe cubre únicamente el desarrollo de estos dos puntos: Diagnóstico y Estudio de Factibilidad basados principalmente en la Guía Peruana de GP 900.200.2007.

La metodología de Producción Más Limpia es una propuesta factible al ser realizable desde el punto de vista técnico, económico y ambiental, y necesaria para lograr un desarrollo sostenible.

El sector metalmecánico ha desarrollado problemáticas ambientales relacionadas con ineficiencias en su proceso de pintado, los insumos y los energéticos en bienes; a problemas con el manejo de inventarios, de materia prima y su almacenamiento; la capacitación del personal a veces no es adecuada y mal manejo de los residuos generados.

Mediante la implementación de la metodología de Producción Más Limpia, las empresas metalmecánicas obtendrán los siguientes beneficios: optimización de los procesos productivos y ahorro de costos, mejoramiento de la eficiencia operativa, reducción de residuos y un aumento en la productividad de los trabajadores.

El presente informe servirá como una base para la Implementación del Programa de Producción Más Limpia, que puede ser motivo para ser desarrollado en futuros informes de suficiencia.

## INDICE

INDICE DE TABLAS.....	8
INDICE DE FIGURAS .....	10
I. INTRODUCCIÓN.....	11
II. DESARROLLO DE LOS CONCEPTOS Y TÉCNICAS .....	14
2.1. Visión global del proceso de pintado.....	14
2.2. Preparación de la superficie.....	15
2.3. Composición de las pinturas .....	16
2.4. Tipos de pinturas.....	18
2.4.1. Pinturas en base disolvente.....	18
2.4.2. Pinturas con alto contenido en sólidos .....	19
2.4.3. Recubrimientos en base de agua.....	21
2.5. Técnicas de aplicación de pinturas .....	23
2.5.1. Pistolas de pulverización aerográfica convencional .....	25
2.5.2. Pistolas de pulverización aerográfica HLVP .....	27
2.5.3. Pistolas de pulverización airless .....	29
2.5.4. Pistolas de pulverización mixta .....	31
2.5.5. Aplicación manual por extensión .....	34
2.6. Secado y curado de la pintura.....	34
2.7. Limpieza de equipos de aplicación de aerográficos de pintura .....	41
2.8. Problemáticas ambientales en el pintado industrial.....	43
2.8.1. Salud laboral .....	44
2.8.2. Consumo excesivo de pintura.....	45
2.8.3. Pulverizado sobrante/residuos .....	46

2.8.4. Emisiones a la atmósfera .....	47
2.9. Definiciones y conceptos claves en producción más limpia .....	47
2.9.1. Contaminación.....	47
2.9.2. Prevención de la contaminación .....	48
2.9.3. Aspecto ambiental .....	48
2.9.4. Impacto ambiental .....	48
2.9.5. Estudio de impacto ambiental (EIA) .....	48
2.9.6. Evaluación de ciclo de vida (ECV) .....	49
2.9.7. Operación unitaria .....	49
2.9.8. Ecoeficiencia .....	49
2.9.9. Eficiencia .....	49
2.9.10. Reciclaje, reuso y recuperación (las 3 R's) .....	49
2.9.11. Producción más limpia (PML) .....	51
2.9.12. Programa de producción más limpia .....	52
2.10. Generalidades y principios para la práctica de producción más limpia.....	52
2.10.1. Producción más limpia .....	52
2.10.2. Principio de sostenibilidad.....	53
2.10.3. Principio de prevención .....	54
2.10.4. Principio de internalización de costos .....	54
2.10.5. Principio de innovación tecnológica.....	54
2.11. Beneficios de implementar un programa de producción más limpia .....	55
2.12. Estrategias de producción más limpia .....	58
2.13. Metodología para desarrollar un programa de producción más limpia .....	60
III. DESARROLLO DEL TEMA.....	64
3.1. Aspectos e impactos ambientales .....	64
3.2. Diagnóstico de implementación de producción más limpia .....	65
3.2.1. Alcance del diagnóstico de producción más limpia .....	65

3.2.2. Recopilación de información de los procesos .....	66
3.2.3. Definición y evaluación de las actividades de la organización .....	73
3.2.4. Elaboración de balances de materia y energía para los procesos unitarios y actividades prioritarias.....	80
3.2.5. Definición de las causas de los flujos de contaminantes y de las ineficiencias .....	84
3.2.6. Desarrollo de oportunidades de producción más limpia .....	89
3.2.7. Preselección de las opciones generadas.....	96
3.3. Estudio de factibilidad .....	99
3.3.2. Evaluación técnica.....	101
3.3.3. Evaluación económica.....	104
3.3.4. Evaluación ambiental .....	121
3.3.5. Selección de oportunidades factibles.....	124
IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	127
V. BIBLIOGRAFÍA .....	130
VI. ANEXOS .....	131

## **INDICE DE TABLAS**

Tabla 2.1: Resumen de las principales características de las técnicas de aplicación por pulverización

Tabla 2.2: Comparación para diferentes aspectos del secado al aire/secado forzado con el secado en horno

Tabla 2.3: Resumen de beneficios de implementar producción más limpia según PNUMA

Tabla 2.4: Resumen de estrategias de producción más limpia

Tabla 3.1: Uso de recursos de energía eléctrica

Tabla 3.2: Priorización de aspectos ambientales de la empresa

Tabla 3.3: Cuantificación de entradas por día en el proceso de pintado

Tabla 3.4: Cuantificación de salidas por día en el proceso de pintado

Tabla 3.5: Distribución del consumo de energía por día en el proceso de pintado

Tabla 3.6: Distribución del costo del consumo de energía por día en el proceso de pintado

Tabla 3.7: Distribución mejorada del costo del consumo de energía por día en el proceso de pintado



Tabla 3.8: Oportunidades de producción más limpia

Tabla 3.9: Evaluación preliminar

Tabla 3.10: Evaluación técnica – Parte 1

Tabla 3.11: Evaluación técnica – Parte 2

Tabla 3.12: Evaluación económica de la situación actual del consumo de horas muertas de electricidad

Tabla 3.13: Evaluación económica de la reducción del consumo de horas muertas de electricidad

Tabla 3.14: Evaluación económica de la situación actual del consumo de energía de las compresoras

Tabla 3.15: Ahorro total de las compresoras

Tabla 3.16: Metodología cualitativa para identificar aspectos ambientales significativos

Tabla 3.17: Evaluación ambiental

Tabla 3.18: Selección de oportunidades factibles

## **INDICE DE FIGURAS**

Figura 2.1: Contenido en disolvente de recubrimientos convencionales, con alto contenido en sólidos y en base agua

Figura 2.2: Esquema de una pistola de pintado por pulverización

Figura 2.3: Esquema de los sistemas de aplicación aerográfico convencional y HVLP

Figura 2.4: Características básicas de los sistemas aerográficos de pulverización

Figura 2.5: Lavadora de pistolas

Figura 3.1: Vigas apiladas

Figura 3.2: Desorden en el área

Figura 3.3: Baldes de pintura dispersos

Figura 3.4: Diagrama de flujo de producción de una estructura metálica

Figura 3.5: Diagrama de flujo del proceso de pintado

## I. INTRODUCCIÓN

Desde tiempos muy remotos el hombre ha trabajado los metales, desarrollando en forma creciente materiales y herramientas que han marcado la pauta del progreso de los pueblos. Los habitantes de nuestro país, descubrieron desde sus primeras civilizaciones la importancia de los metales y el desarrollo que lograron en ese campo refleja la trascendencia de su cultura. Hoy, muchos siglos después, subsiste en el Perú esa antigua vocación por los metales; hoy apoyada por maquinarias, herramientas, tecnología, creatividad y la innata habilidad de sus trabajadores. En estos tiempos de grandes cambios a nivel mundial, la Industria Metalmeccánica afronta el desafío del tiempo para adecuarse a las nuevas exigencias del mundo globalizado, exigencias para su desarrollo como sector económico de nuestro país, así como exigencias del medio ambiente, debido al gran problema que acarrea en la actualidad, la contaminación, producida a la par con el desarrollo de esta industria.

En Lima, la zona industrial de Villa El Salvador genera gran demanda de productos relacionados con la transformación de metales, lo que ha ocasionado un crecimiento acelerado del sector metalmeccánico en las últimas décadas. Al evaluar la conducta tecnológica de las empresas de este sector, en particular una, que es material de investigación del presente informe, y conocer la problemática por la que está atravesando, se puede advertir los contaminantes que han llegado a ser sus procesos y procedimientos, y lo mal que puede emplear sus recursos. Es este el tópico que se desea corregir para conseguir un desarrollo sostenible dentro de la ciudad, basado en el análisis de esta empresa en particular.

De acuerdo al autor en el punto 1 del capítulo V. [La aplicación de los tipos de tecnologías encontramos la Producción Más Limpia; dicho concepto fue introducido por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente en 1989, y fue

definida como la “aplicación continua de una estrategia ambiental preventiva integrada aplicada a procesos, productos, y servicios para mejorar la ecoeficiencia y reducir los riesgos para los humanos y el medio ambiente”]

Entre las principales fuerzas motrices que paulatinamente están propiciando que la Producción Más Limpia esté cada vez más presente en los procesos de pintado industrial, se encuentran las siguientes:

- Un marco legal cada vez más estricto y cuyo cumplimiento está siendo regulado con mayor minuciosidad.
- El aumento del coste de la gestión externa de residuos.
- La creciente sensibilización ambiental de los consumidores y clientes que en muchos casos seleccionan aquellas empresas dotadas de una imagen más respetuosa con el medio ambiente (por ejemplo, empresas que dispongan de un Sistema de Gestión Medioambiental mediante la ISO 14001).
- La mejora técnica asociada a algunos procesos que incluyen el concepto de producción limpia en su diseño, ofreciendo productos de una calidad igual o superior.

El análisis, desarrollo y aplicación de las metodologías de Producción Más Limpia puede lograr la mejora en la productividad de la empresa analizada, y extrapolando, en cualquier empresa metalmeccánica. Para lograr esta meta es necesario desarrollar la investigación en cinco etapas, las cuales conforman los objetivos específicos: preparar una base del programa de Producción Más Limpia, realizar un diagnóstico del sector identificando los puntos críticos contaminantes de los procesos productivos, analizar las etapas de estos para formular estrategias que aumenten la productividad a través de un estudio de factibilidad, implementar el programa de Producción Más Limpia en una empresa escogida como prueba piloto para ser usada como modelo a seguir por las demás empresas metalmeccánicas de la ciudad y, finalmente hacer mejora continua.

Como alcance del presente informe desarrollamos hasta la tercera etapa, y únicamente en el proceso en particular del pintado, la cuarta y última etapa, la implementación y mejora continua, no son consideradas como parte del desarrollo de este informe.

Adicionalmente, es el deseo del autor de este informe que el mismo sirva como base para futuros estudios o implementaciones completas de esta metodología.

## **II. DESARROLLO DE LOS CONCEPTOS Y TÉCNICAS**

### **2.1. Visión global del proceso de pintado**

El término de “pintado” es utilizado generalmente para hacer referencia del uso de recubrimientos sobre cualquier superficie. Estas pinturas constan de resinas orgánicas, pigmentos orgánicos o inorgánicos y aditivos, todo ello en suspensión o diluido en un vehículo líquido que por lo general es un disolvente orgánico. Este disolvente es el que proporciona al recubrimiento la viscosidad necesaria, tensión superficial y otras propiedades que permiten la aplicación de una capa uniforme del recubrimiento sobre el sustrato, así como para su fabricación.

La función del recubrimiento no es sólo un tema estético de obtener un acabado brillante o atractivo, más bien es de protección frente al uso diario y a los agentes agresivos externos como el agua o humedad.

La elección de las pinturas y el proceso de aplicación a utilizar son consecuencia de la finalidad buscada, bien sea ésta conseguir un aspecto superficial adecuado, protección frente a la corrosión, agentes químicos, fuego, algas, hongos, etc., o una combinación de ellos.

En las metalmecánicas, cuyo trabajo es producir estructuras metálicas que tendrán diferentes finalidades de protección, se consideran diferentes requisitos en las pinturas tales como: resistencia a la niebla salina, resistencia al envejecimiento acelerado, resistencia a compuestos químicos como detergentes, disolventes, álcalis, etc., coordenadas de color medidas de forma específica, brillo expresado como porcentaje bajo una determinada geometría de medición, resistencia a la abrasión, a la humedad, a la temperatura, dureza superficial, elasticidad, resistencia al choque,

plegado, adherencia, poder cubriente, repintabilidad, tiempo y condiciones de curado, etc.

Adicionalmente a estos requisitos de calidad del recubrimiento se les añaden otros que vienen fijados por las necesidades de proceso, viabilidad de la técnica de aplicación, y otros factores de tipo económico, de seguridad o medioambientales, que determinan las posibilidades de elección.

Por lo tanto, la calidad final del recubrimiento obtenido dependerá no sólo del material de pintura utilizado sino también del modo de aplicación del mismo, así como de la preparación que haya recibido la superficie a pintar y el método empleado para secar/curar la pintura.

A grandes rasgos, el proceso de aplicación de la pintura puede dividirse en tres etapas fundamentales: preparación de la superficie a pintar, aplicación/curado de la pintura y limpieza de los equipos.

## **2.2. Preparación de la superficie**

La preparación de superficie es esencial dentro del proceso de pintado, aunque cada uno de los pasos pueda afectar al resultado del acabado, debido a que asegura un recubrimiento óptimo, y afecta en el acabo final del sustrato recubierto.

Por lo general, hasta el 80% de los fallos de adherencia del recubrimiento pueden atribuirse directamente a una inadecuada preparación de la superficie.

El principal objetivo de este paso es conseguir una buena adherencia del recubrimiento sobre la superficie del sustrato, así como también que éste se encuentre libre de cualquier tipo de suciedad (aceites y grasas, óxidos, etc.).

En una metalmecánica por lo general se utilizan los métodos de granallado y lijado de sustratos metálicos como preparación de superficie, de estos dos métodos la calidad del resultado del recubrimiento es mucho mejor cuando se utiliza el granallado, sin embargo es más costoso y consume mayores recursos que un lijado.

### 2.3. Composición de las pinturas

Los componentes principales de las pinturas líquidas son: disolventes (solventes), resinas, pigmentos y aditivos. La cantidad de cada componente varía con el tipo de pintura, color y grado de brillo. La composición de las pinturas por lo general están en una participación aproximada: los disolventes pueden estar en un 50-60%, las resinas desde el 15 al 45%, los pigmentos pueden variar en función del tipo de pintura y color desde un 3% hasta el 35% y los aditivos del 1 al 5%. Los barnices, como son productos transparentes no contienen pigmentos, por lo que sus componentes serán: disolventes (45%), resinas (55%) y aditivos (5%).

a) Los **disolventes** se añaden a los recubrimientos para dispersar el resto de constituyentes de la formulación y para reducir la viscosidad, permitiendo por tanto la aplicación del recubrimiento.

El disolvente se evapora durante el proceso de secado/curado del recubrimiento, por lo que suelen elegirse en función de su capacidad para disolver las resinas y de su velocidad de evaporación. Por lo general, en las formulaciones de pinturas se encuentran combinaciones de varios disolventes, siendo los más utilizados el tolueno, xileno, nafta aromática, MEK, MIBK y acetato de butilo.



b) Las **resinas** son los constituyentes más importantes y se utilizan en los recubrimientos con la finalidad de unir los pigmentos y aditivos, proveer la adhesión y son los responsables de la formación de la película plástica final, proporcionando principalmente las propiedades deseadas al recubrimiento y determinando el comportamiento de la película (brillo, elasticidad, flexibilidad, durabilidad, resistencia química, etc.). Por lo tanto, su elección es en base a las propiedades físicas y químicas deseadas para la película, las más comúnmente utilizadas son alquídicas, acrílicas (base disolvente o base agua), epoxis, poliuretanos y poliésteres, poliéster-urea/melamina, vinílicas, caucho clorado, termoplásticas y termoestables y nitrocelulósicas.

c) Los **pigmentos** son sustancias insolubles de materiales orgánicos o inorgánicos (naturales o sintéticos) que se dispersan en el recubrimiento con objetivo de dar color y opacidad a un sustrato o para mejorar su resistencia mecánica.

El tipo de pigmento de la pintura determina el color y la estabilidad del color de la pintura, mientras que la cantidad de pigmento determina el brillo y la opacidad del recubrimiento. Los pigmentos inorgánicos tienen mayor estabilidad frente a la luz ultravioleta y a la temperatura.

d) Los **aditivos** son materiales que mejoran las propiedades físicas y químicas del recubrimiento tales como el secado, brillo, estabilización, etc. Dentro de este grupo se incluyen surfactantes, espesantes, biocidas y fungicidas, estabilizadores, antiespumantes, catalizadores, antifloculantes, antiposo, secantes, antipiel, etc.

## 2.4. Tipos de pinturas

La clasificación de las pinturas se puede realizar con diferentes criterios. Sin embargo, de acuerdo al autor en el punto 2 del capítulo V [desde un punto de vista medioambiental, debido a la diferente naturaleza de los impactos ambientales asociados a su utilización, la clasificación más habitual de las pinturas se realiza atendiendo al diluyente que contienen. Así, se habla de:

- Pinturas en base disolvente, que a su vez generalmente se clasifican en convencionales y con alto contenido en sólidos en función de la proporción de compuestos orgánicos volátiles que contienen
- Pinturas en base agua
- Pinturas en polvo

### 2.4.1. Pinturas en base disolvente

Debido a sus propiedades de facilidad de aplicación, versatilidad para cambios de color, etc., han dado lugar a que este tipo de pinturas sea el más ampliamente utilizado dentro de la industria.

Las pinturas en base disolvente **convencionales** contienen en su composición una concentración variable de disolventes que puede oscilar entre el 40 y el 60% en peso. Existen una gran variedad de disolventes que se suelen emplear en la formulación de este tipo de pinturas, pero los más utilizados son el tolueno, xileno, nafta aromática, MEK, MIBK y acetato de butilo.

Desde una perspectiva medioambiental, uno de los aspectos más relevantes en la aplicación de pinturas es la emisión de compuestos orgánicos volátiles que se produce debido al contenido de disolventes que se emplean en su formulación. La exposición

a estos vapores de disolvente supone riesgos para la salud de los trabajadores, que deben minimizar usando medios de protección adecuados.

Los compuestos orgánicos volátiles, comúnmente conocidos por las siglas de su denominación en inglés (VOC -Volatile Organic Compounds-) sufren reacciones químicas en la atmósfera que originan diversos efectos indirectos, especialmente la formación de oxidantes fotoquímicos y su principal componente, el ozono. El ozono en concentraciones elevadas en la atmósfera a nivel de la superficie terrestre puede afectar a la salud humana y provocar daños en los bosques, vegetación y cultivos, reduciendo el rendimiento de éstos. El ozono es también un gas con fuerte efecto invernadero.

Además, varios compuestos orgánicos son directamente nocivos para la salud humana o el medio ambiente como por ejemplo los carcinógenos, mutágenos o sustancias tóxicas para la reproducción.

Por estos motivos, los fabricantes de pinturas han realizado y continúan realizando un gran esfuerzo en el desarrollo de nuevos productos con el fin de reducir su contenido en disolventes.

#### **2.4.2. Pinturas con alto contenido en sólidos**

Estos recubrimientos son, por lo general, similares a los convencionales con bajo contenido en sólidos en lo que se refiere a su aplicación (a veces requieren equipos de aplicación airless por su alta viscosidad), curado y propiedades finales de la película, aunque existen también algunas diferencias.

No existe una definición estándar para las pinturas con alto contenido en sólidos, pero en general se considera que los recubrimientos son de este tipo si contienen más del

70% en sólidos. En la práctica, las pinturas con un contenido en sólidos del 60 al 80% también se denominan de alto contenido en sólidos, especialmente si la pintura convencional equivalente tiene más de un 50% de disolvente.

Para conseguir un contenido en sólidos mayor del 70% la resina debe ser modificada químicamente, de tal forma que su viscosidad intrínseca sea más baja que la de las resinas de las pinturas en base disolventes convencionales. En este caso, las resinas suelen ser resinas alquídicas, resinas de poliéster, poliuretanos, resinas acrílicas, resinas epoxi y plastisoles de cloruro de polivinilo.

Este tipo de pinturas se puede aplicar a madera, plásticos o metal, pero los mejores resultados se han obtenido en sustratos metálicos.

El alto contenido en sólidos puede requerir en algunos casos equipos de pulverización especiales, debido a su alta viscosidad. Una forma de solucionar este problema es añadir un calentador en la línea del equipo de aplicación que aumente la temperatura de la pintura, reduciendo de esta forma la viscosidad.

Es importante volver a formar a los operarios cuando se cambie a este tipo de pinturas, ya que existe la tendencia de aplicar demasiada pintura. Los recubrimientos con alto contenido en sólidos pueden contener hasta el doble de sólidos que una pintura convencional; además, como hay menos disolvente, el recubrimiento no tiene el mismo aspecto que el de las pinturas convencionales cuando se aplica, debido a contener más sólidos en volumen a igualdad de caudal, por lo que el operario tiende a utilizar más pintura si no ha recibido una formación adecuada.

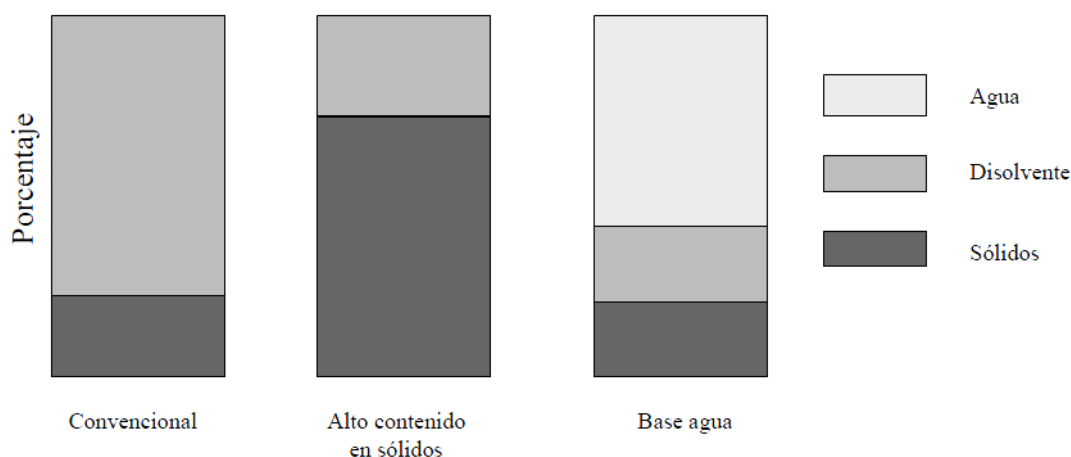
Otro de los aspectos críticos que deben considerarse a la hora de utilizar este tipo de recubrimientos es la preparación de la superficie del sustrato. Debido a la menor cantidad de disolvente, en la formulación se dispone de menos disolvente para

limpiar la superficie del sustrato. En las pinturas convencionales el disolvente puede “limpiar” una superficie contaminada cuando se aplica, y al mismo tiempo formar una película uniforme; en las pinturas con alto contenido en sólidos, la pequeña cantidad de disolvente del recubrimiento significa una menor cantidad disponible para limpiar el sustrato, por lo que este tipo de pinturas no se deben aplicar a superficies contaminadas sin extremar las medidas de preparación de la superficie.

La utilización de pinturas con alto contenido en sólidos disminuye las emisiones de VOCs y compuestos peligrosos (hasta un 50% en algunos casos) asociadas con el proceso de pintado, pero deberá controlarse que esto no suponga un aumento en el uso de disolventes de limpieza adicionales.

#### **2.4.3. Recubrimientos en base de agua**

El término en base agua se refiere a los sistemas de recubrimientos que utilizan agua como disolvente para dispersar la resina. Por lo general, contienen hasta un 80% de agua con pequeñas cantidades de otros disolventes, como éteres glicólicos, y el contenido en sólidos es similar al de las pinturas convencionales. En la Figura 8 se compara el contenido en disolvente de las pinturas convencionales, las de alto contenido en sólidos y las de base acuosa.



**Figura 2.1: Contenido en disolvente de recubrimientos convencionales, con alto contenido en sólidos y en base agua**

*Fuente: Libro Blanco para la Minimización de Residuos y Emisiones*

La aplicación de las pinturas en base agua puede ser difícil a bajas temperaturas y alta humedad relativa, ya que la viscosidad de la pintura aumenta a medida que desciende la temperatura. Este tipo de pinturas tiene un tiempo de secado mayor que las de base disolvente, lo que puede disminuir la productividad de la planta o requerir una inversión en un horno de secado. Además, es importante que la superficie del sustrato esté limpia de cualquier resto de grasa o polvo para que el recubrimiento se adhiera bien y no presente defectos superficiales. Por ello, en algunos casos puede requerirse el uso de disolventes en el proceso previo de limpieza.

Los recubrimientos en base acuosa se han aplicado con éxito a superficies de metal, madera y plástico.

Asimismo, además de reducir las emisiones de VOCs durante la aplicación, los recubrimientos en base acuosa reducen el riesgo de incendio, son más sencillos de limpiar (generando menos residuos peligrosos) y existe una exposición reducida de

los trabajadores a los vapores orgánicos. Sin embargo, puede requerirse de equipos especiales para su deberá estar fabricado con material resistente a la corrosión, como acero inoxidable.]

## **2.5. Técnicas de aplicación de pinturas**

Existen numerosos procesos disponibles para aplicar una capa de recubrimiento orgánico sobre una superficie. Cuando se considera la posibilidad de cambiar a una técnica de aplicación diferente, es importante para las empresas definir sus objetivos a la hora de realizar el cambio y luego priorizarlos.

De acuerdo al autor en el punto 3 del capítulo V. [Esta priorización debería compararse frente a las técnicas de aplicación disponibles para determinar la mejor opción. Entre los objetivos, se pueden incluir:

- Reducción de los costes de aplicación del recubrimiento
- Reducción del consumo de materiales de recubrimiento
- Reducción de las emisiones de disolventes
- Mejora de la capacidad de producción a través de una reducción del tiempo de proceso
- Mantenimiento o mejora de la calidad final
- Asegurar que el espesor requerido del recubrimiento se alcanza de forma sencilla
- Cumplimiento de la legislación relacionada

Los métodos más comunes de aplicación de recubrimientos son el pintado por pulverización aerográfica y electrostática.

La pulverización consiste en aplicar el material sobre el recubrimiento a una distancia determinada valiéndonos de la atomización de las partículas de pintura por efecto de la presión, la alimentación del aire o bien una influencia sinérgica de ambos factores. Dependiendo de si para atomizar el material se utiliza aire o se aumenta la presión, la pulverización puede variar, diferenciándose:

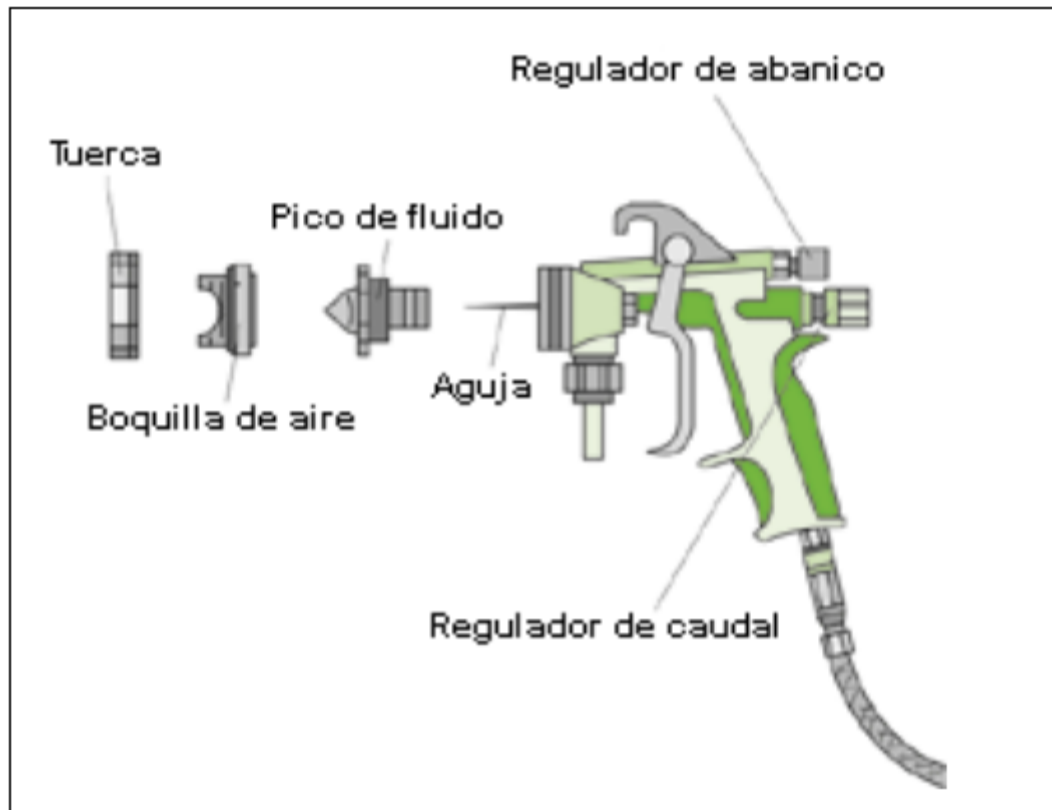
- Pulverización aerográfica: convencional, HVLP
- Pulverización mixta
- Pulverización airless

Generalmente, los sistemas de pulverización utilizan pistolas especialmente diseñadas para atomizar la pintura. Para aplicaciones industriales, la pintura suele estar en un recipiente a presión y se alimenta a la pistola utilizando aire comprimido. Tradicionalmente se han utilizado pistolas manuales o automáticas para aplicar las pinturas líquidas sobre los sustratos metálicos.

Los principales factores que afectan a la eficacia de transferencia de una pistola de pulverización son los mecanismos mediante los cuales:

- Se atomiza el material de recubrimiento
- El material atomizado se proyecta o es atraído por la pieza.





**Figura 2.2: Esquema de una pistola de pintado por pulverización**

*Fuente: Libro Blanco para la Minimización de Residuos y Emisiones*

En este apartado se realizará una descripción de las técnicas de aplicación de pintura utilizadas, incidiendo para cada una de ellas tanto en los aspectos técnicos, como en la repercusión medioambiental que su uso comporta.

### **2.5.1. Pistolas de pulverización aerográfica convencional**

Esta tecnología, que ha sido la más utilizada en los últimos 40 años, utiliza una pistola especialmente diseñada y aire a altas presiones (3 a 6 bar) para atomizar una corriente líquida de pintura. Esta tecnología se conoce como de bajo-volumen/alta-

presión, pero normalmente se denomina pulverización aerográfica convencional. El aire se alimenta a la pistola mediante un compresor de aire y la pintura se alimenta por medio de un sistema de alimentación a presión (también se utilizan sistemas por succión y por gravedad).

El sistema convencional produce un acabado uniforme y se puede utilizar en multitud de superficies, ofrece un buen control de la pulverización y el mejor grado de atomización. Sin embargo, esta tecnología produce un alto porcentaje de niebla que es un material pulverizado sobrante, obteniendo bajas eficiencias de transferencia y utilizando grandes cantidades de aire comprimido. Además, como el disolvente en la pintura está muy atomizado junto con los sólidos de la pintura, las emisiones de VOCs son altas. Los recubrimientos más utilizados son los de base disolvente denominadas pinturas convencionales.

Los componentes esenciales son el cuerpo de la pistola, la entrada de fluido, el inyector de fluido, el regulador de caudal del fluido, la entrada de aire, el inyector de aire, la válvula de aire, el regulador de abanico y el gatillo. Otros componentes también pueden ser la alimentación del aire comprimido, la alimentación de fluido y sistemas calentadores de pintura. Fuera de la pistola, el aire comprimido se mezcla con la corriente líquida e inmediatamente atomiza el material de recubrimiento. Cuando el producto pulverizado a alta velocidad alcanza la pieza, tiende a “rebotar”, arrastrando gotas del material de recubrimiento. Esta es la causa de la niebla característica asociada con las pistolas convencionales.

Los operarios deben llevar respiradores para prevenir la inhalación de la niebla y vapores peligrosos. Asimismo, dependiendo del nivel de ruido en la cabina de pulverización, también puede ser necesaria protección de los oídos.



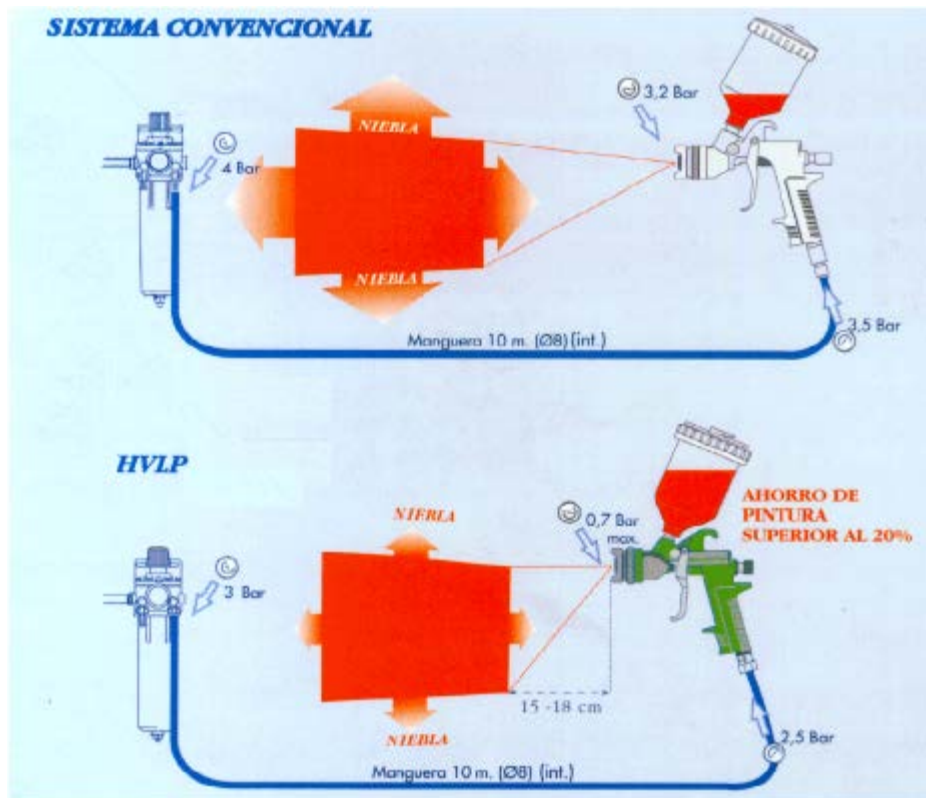
**Figura 2.3: Esquema de una pistola aerográfica. Elementos**

*Fuente: Libro Blanco para la Minimización de Residuos y Emisiones*

### 2.5.2. Pistolas de pulverización aerográfica HLVP

El proceso de pulverización HVLP (gran volumen/baja presión) es similar al proceso convencional, con la diferencia de que utiliza gran volumen y aire a baja presión para atomizar la corriente de pintura. Las pistolas HVLP operan con una presión de pulverización del aire máxima de 0,7 bar.

Con esta técnica se aumenta la eficacia de transferencia del recubrimiento hasta el 30-45%, reduciendo la niebla (debido a la baja velocidad de las partículas).



**Figura 2.4: Esquema de los sistemas de aplicación aerográfica convencional y HVLP**

*Fuente: Libro Blanco para la Minimización de Residuos y Emisiones*

El producto que sale por la boquilla es pulverizado uniformemente gracias a la fuerza ejercida por un flujo de aire que sale por el cabezal con un caudal elevado (entre 300 y 600 l/min.) y con una presión baja (entre 0,2 y 0,7 kg/cm<sup>2</sup>). Por tanto, y en relación con el sistema convencional estamos sustituyendo la alta velocidad del flujo de aire en los agujeros baja velocidad hace que el producto pulverizado llegue al objeto suavemente, sin apenas rebote y por tanto con una considerable reducción de niebla.

El sistema HVLP no sólo reduce la niebla (overspray o pulverizado sobrante), sino que también reduce los residuos de pintura, los costes de limpieza, los costes de

cambio de filtros, las emisiones de compuestos orgánicos volátiles (VOCs) y la exposición de los trabajadores a éstos.

La desventaja de las pistolas HVLP es que la calidad final sufre cuando la velocidad de aplicación es alta por los peligros de descuelgue, así como que únicamente se pueden utilizar con pinturas de baja viscosidad, debido a una mayor dificultad para atomizar la pintura.

Existen varios tipos de sistemas de alimentación para las pistolas aerográficas, entre ellos los más utilizados son los siguientes:

- Los sistemas de alimentación por gravedad están bien adaptados a pinturas con altas viscosidades, pinturas en base agua y pinturas con alto contenido en sólidos, debido al diseño del sistema. El depósito de pintura, localizado en lo alto de la pistola, permite aprovechar al máximo la pintura, minimizando los residuos.
- El sistema por presión utiliza un depósito que se encuentra por debajo de la pistola, con un regulador de la línea de aire separado para alimentar la pintura a la pistola. Este diseño aumenta la eficacia de transferencia y hace posible que el operario pulverice incluso con la pistola invertida, ofreciendo la máxima flexibilidad en las técnicas de aplicación.
- En el sistema de alimentación por succión, la presión de aire al pulverizador se utiliza para empujar la pintura desde el recipiente, localizado debajo de la pistola.

### **2.5.3. Pistolas de pulverización airless**

La pulverización airless no utiliza aire comprimido, sino que la pintura se bombea a presiones crecientes de fluido (34 a 450 bar) a través de una pequeña abertura en el

extremo de la pistola de pulverización para llevar a cabo la atomización. La presión se alimenta a la pistola mediante una bomba, cuando la pintura presurizada entra a la región de baja presión en el frente de la pistola, la súbita caída de presión hace que la pintura se atomice, esta atomización rompe la corriente de pintura en gotas pequeñas. Mientras los métodos convencionales utilizan aire comprimido para atomizar la pintura, en los equipos airless la atomización hidráulica sustituye la atomización de aire.

Las bombas pueden ser hidráulicas, neumáticas y eléctricas. Las bombas hidráulicas de presión más comunes tienen una relación de cilindro de aire a cilindro hidráulico entre 1:8 y 1:68 (una relación de 1:8 significa que una presión de aire de 200 psi sobre el cilindro entrega 1.600 psi al cilindro hidráulico).

La pulverización airless tiene eficacias de transferencia superiores al 50%, además se reduce en gran medida el “rebote” y la niebla (overspray) con respecto a la pulverización convencional. Otro de los beneficios de la pulverización airless es la mayor velocidad de producción, se puede considerar como el método más rápido de aplicación. Sin embargo, su principal desventaja es el acabado, debido a la limitada atomización de las gotas éste tiene una apariencia un poco tosca debido a la posible aparición de piel de naranja, burbujas y pinholes.

Asimismo, dentro de las ventajas sobre los métodos de pulverización convencionales está que la pulverización airless es más suave y menos turbulenta. Las gotas formadas son por lo general más grandes que las de las pistolas de pulverización convencionales, produciendo una capa de pintura de mayor espesor de una sola pasada. Otras ventajas incluyen la posibilidad de utilizar recubrimientos de altos sólidos con viscosidad alta, sin necesidad de diluirlas con disolventes.

El mantenimiento del equipo es mayor, debido a las altas presiones utilizadas. Los operarios no deberían permitir nunca que ninguna parte del cuerpo se ponga en

contacto con el material de alta presión. Además, la niebla es menor que en los sistemas convencionales.

En resumen, la pulverización airless es una buena alternativa al pintado convencional, aunque la calidad del acabado sea inferior. Sin embargo, la mayor eficacia de transferencia la hace una opción deseable, siendo además el principal beneficio la velocidad de aplicación.

#### **2.5.4. Pistolas de pulverización mixta**

La pulverización mixta combina las mejores características de la pulverización convencional y de la airless. Es un sistema airless que utiliza aire comprimido para ayudar a conseguir un alto grado de atomización. El recubrimiento es parcialmente atomizado mediante un sistema similar al utilizado en la pulverización airless, pero a presiones más bajas. El aire comprimido a una presión de 0,3 a 2 bar también se alimenta al pulverizador y se utiliza para mejorar la atomización.

Los sistemas de pulverización mixtos atomizan bien la pintura, aunque no tan bien como los métodos de pulverización aerográficos. La utilización de estos sistemas mejora la calidad del acabado, presumiblemente debido a que se forman partículas más finas de pintura.

El principal beneficio de la pulverización mixta es que se aumenta la eficacia de transferencia alrededor del 30% por encima de la del sistema convencional. Además, la baja presión de aire utilizada ayuda a reducir la niebla y el “rebote”. Sin embargo, aparecen dos desventajas a la hora de utilizar la pulverización mixta, no tiene la velocidad de aplicación de un sistema de pulverización airless y no produce un acabado de tan alta calidad como el del sistema de pulverización convencional. Asimismo, por parte de los operarios hay más posibilidades de error debido a los

controles adicionales de la presión del fluido y de la presión del aire; por lo general, se tiende a utilizar una presión excesiva provocando descuelgues y aparición de burbujas.

Existen fundamentalmente dos riesgos para la salud asociados con la pulverización mixta.

El primero es la niebla (overspray), que aunque es menor que en la pulverización convencional y la eficacia de transferencia es mayor, la cantidad de niebla sigue siendo considerable, por lo que deberán utilizarse cabinas de pulverización. El segundo riesgo es la alta velocidad del fluido que sale directamente del pulverizador, los operarios no deben ponerse en contacto con este fluido a alta presión, pues puede causar serias heridas.

A continuación se recoge una tabla resumen de las principales características de las técnicas de aplicación por pulverización.



**Tabla 2.1: Resumen de las principales características de las técnicas de aplicación por pulverización**

Características	Aerográfica		Airless	Mixto
	Convencional	HVLP		
Presión de trabajo	3-3.5 bar	0.5-0.7 bar	100-400 bar	40-90 bar
Calidad de aplicación	Alta calidad	Alta calidad	Media calidad	Buena calidad
Nivel de producción	Baja producción	Gran producción	Gran producción	Media producción
Niebla	Alta	Baja	Baja	Baja/Media
Velocidad de aplicación	Alta	Baja	Alta	Media
Velocidad, comparando con el sistema convencional	-	1-2 veces más lento	2-3 veces más rápido	1-2 veces más rápido
Ahorro de pintura comparando con el sistema convencional	-	30%	20%-30%	15%-25%
Coste de operación	Bajo	Bajo	Medio/Alto	Alto
Poder cubriente	Buena	Buena	Buena	Buena
Residuos y emisiones	Alto	Medio/Alto	Medio/Alto	Medio/Alto
Eficacia de transferencia	30%-50 %	65%-80%	55%-85 %	60%-65%

*Fuente: Libro Blanco para la Minimización de Residuos y Emisiones*

### **2.5.5. Aplicación manual por extensión**

Extensión de una película líquida de pintura sobre un soporte, mediante la utilización de brocha, rodillo o espátula. En estos sistemas la viscosidad del producto es muy importante.

Esta técnica, aunque de alta eficacia de transferencia, no se utiliza generalmente para el pintado/acabado de piezas dentro de un proceso industrial, debido a su baja calidad de acabado y a la imposibilidad de automatización (intensiva en mano de obra). Su uso en la industria se limita principalmente a aplicaciones de conservación de instalaciones, equipos, estructuras, etc.]

### **2.6. Secado y curado de la pintura**

Una vez que se ha aplicado un recubrimiento a una pieza, ésta debe pasar por un proceso de curado o secado posterior. Existe una diferencia entre ambos términos; en el curado la resina sufre una transformación química (se convierte en una nueva resina), mientras que el secado se refiere únicamente a la pérdida del disolvente por evaporación, permaneciendo la resina inalterable.

De acuerdo al autor en el punto 4 del capítulo V. [Se pueden distinguir varios métodos:

– **Secado a temperatura ambiente:** El secado a temperatura ambiente para pinturas con alto contenido en disolventes volátiles aplicados en piezas de gran tamaño, que no pueden ser introducidas en hornos de secado.

– **Secado en horno:** El secado se realiza en horno a temperaturas entre 100 y 200°C que dependen del tipo de pintura. La aplicación de calor a la pieza se puede realizar por conducción, convección o radiación.

– **Secado forzado por aire:** Una forma alternativa de acelerar el proceso de secado, aplicable a toda clase de pinturas, pero especialmente para las pinturas de base acuosa, son los sistemas de aire forzado. La temperatura oscila entre los 50 y 100°C. Estos sistemas aprovechan el efecto Venturi para proyectar grandes cantidades de aire filtrado a gran velocidad sobre la superficie pintada a secar, favoreciendo así la evaporación de los diluyentes.

El tipo de secado constituye un punto muy importante a la hora de seleccionar el tipo de pinturas a utilizar. Así, se deberá realizar la selección de pinturas entre aquellas con secado al aire/aire forzado o aquellas con secado al horno a altas temperaturas (por encima de 120°C). Estas últimas (secado al horno) suelen dar buenas prestaciones, pero poseen ciertas limitaciones, tal y como se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla 2.2: Comparación para diferentes aspectos del secado al aire/secado forzado con el secado en horno**

	<b>Secado al aire (ambiente) / Secado forzado</b>	<b>Secado en horno</b>
Versatilidad frente al sustrato	- Puede ser aplicado a todo tipo de sustratos (metales, plásticos, madera, caucho, etc).	- Puede ser aplicado únicamente sobre metales y sustratos que soporten altas temperaturas. No se recomienda su uso para materiales sensibles a la temperatura como plásticos, cauchos, madera, etc.  - No se debe aplicar sobre mecanizados otras superficies que se puedan deformar sin tomar precauciones.
	- Puede ser aplicado sobre materiales porosos como papel, madera.	- Pueden provocar burbujas o ampollas en sustratos porosos. El precalentamiento puede hacer frente a este problema, pero añade un paso más al proceso.

<p>Requisitos de calentamiento</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Puede secar y curar desde temperatura ambiente hasta los 90°C.</li> <li>- Las pintura en base disolvente no requieren un horno, aunque a baja temperatura acelerará el proceso de secado.</li> <li>- Las pinturas en base agua se beneficiarán de un horno a baja temperatura, particularmente en ambientes muy húmedos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Generalmente se trabaja a temperaturas mínimas de 120°C. Un tiempo de curado típico puede ser 15 minutos a 150°C. Los tiempos de curado son inversamente proporcionales a la temperatura. Se requiere un área de enfriamiento.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ofrecen un menor consumo energético.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Requieren temperaturas elevadas, y por tanto, un alto consumo energético</li> </ul>
<p>Propiedades físico-químicas</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- La mayoría de las pinturas de un componente, tales como las alquídicas y</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Poseen excelente propiedades físicas y de resistencia química. Las características específicas</li> </ul>

	<p>alquídicas modificadas, no presentan propiedades físico-químicas superiores a las de los componentes y a las pinturas de secado al horno.</p>	<p>dependerán del tipo de producto.</p>
Defectos	<p>- No suelen producir defectos en la superficie (piel de naranja), aunque esto depende en gran medida del sistema de aplicación (mínimo en aerográficas, variable en mixtas y máximo en airless). El secado forzado a temperaturas elevadas, pero inferiores a 90°C, puede aliviar parcialmente</p>	<p>- Se debe tener un buen control del horno para así obtener acabados de alta calidad y sin defectos.</p>

	este efecto.	
Tiempo de curado	- Requiere más tiempo el alcanzar la dureza necesaria, lo cual puede afectar a los programas de producción.	- Después del secado y enfriamiento, las piezas pintadas están generalmente listas para su ensamblado o expedición.
Requerimientos de limpieza	- El pulverizado sobrante se seca en las cabinas de pintado (filtros, suelos, paredes...), por lo que el mantenimiento no es un problema significativo.	- El pulverizado sobrante no curado permanece pegajoso, haciendo complicado andar en las cabinas de pintado. El mantenimiento es más costoso debido a la dificultad de manipulación del material pegajoso.

*Fuente: Libro Blanco para la Minimización de Residuos y Emisiones*

Por otra parte, las propiedades que dependen del proceso de secado/curado son las siguientes:

- Tiempo de manipulación
- Dureza
- Flexibilidad
- Resistencia al impacto
- Adherencia
- Propiedades de flujo (para pinturas en polvo)
- Resistencia química
- Servicio durante su ciclo vital

La afección sobre la calidad de la pintura líquida si se utiliza un ciclo de secado/curado incorrecto influye de la siguiente forma:

1. Si el tiempo de secado/curado es menor del necesario
  - Baja dureza
  - Posibilidad de ser atacado por disolventes
  - Baja adhesión
  - Piel de naranja (bajo flujo en pinturas en polvo)
  - Baja resistencia química y a la intemperie
  
2. Si el tiempo de secado/curado es superior al necesario
  - Se reduce el tiempo de vida del recubrimiento
  - Posibilidad de quemado del recubrimiento
  - Decoloración (amarilleamiento)
  - Posibilidad de dañar el sustrato
  - Fragilidad]



## **2.7. Limpieza de equipos de aplicación de aerográficos de pintura**

Las lavadoras de pistolas son equipos destinados a la limpieza tanto de pistolas aerográficas como de cualquier otro utensilio que emplea el pintor. Permiten realizar la operación de forma eficaz y a la vez segura al disminuir el contacto del operario con el disolvente. Existen en el mercado numerosos equipos destinados a la limpieza de pistolas; sin embargo, pueden clasificarse en dos grandes grupos: los semiautomáticos, que necesitan de la presencia del operario para realizar la operación de lavado y limpieza, y los que funcionan automáticamente.

Las lavadoras manuales (o semiautomáticas) permiten que el operario controle y optimice la cantidad de disolvente dosificado por la limpieza. Sin embargo, los equipos automáticos presentan como ventajas:

- La máquina se carga y se deja funcionar, dejando la posibilidad de que el operario realice otro trabajo mientras se limpia el equipo
- El equipo utiliza la cantidad adecuada de disolvente para limpiar la pistola, evitando despilfarros
- Menores riesgos de salud para los operarios ya que disminuyen en gran medida las emisiones de VOCs

Todos ellos disponen de bombas de accionamiento neumático que aspiran el disolvente de depósitos contenedores colocados en la base; los vapores de disolvente originados en las operaciones de limpieza son aspirados y eliminados al exterior, a través de una chimenea.

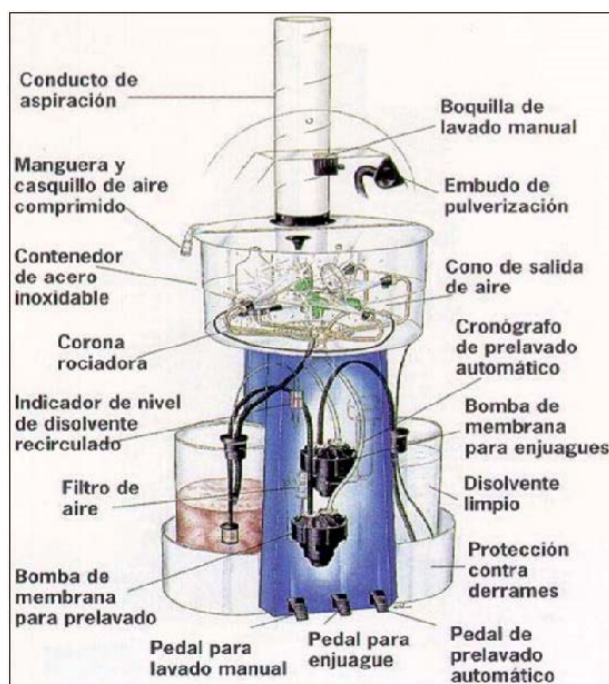
La limpieza de las pistolas se realiza teniendo en cuenta el tipo de pinturas con el que ha sido utilizada. Así, la limpieza de restos de pintura en base disolvente ha de

llevarse a cabo con disolventes orgánicos mientras que en el caso de que la pistola haya sido utilizada con pinturas en base acuosa la limpieza se realiza con agua o productos específicos.

Si se utilizan pinturas en base agua y en base disolvente, entonces se recomienda disponer de lavadoras específicas para cada tipo de pintura. Nunca se debe utilizar una lavadora para limpiar pistolas en base acuosa con materiales en base disolvente o viceversa, ya que puede causar contaminación.

Para pinturas en base acuosa y fluidos de limpieza, utilizar un equipo con cámara de plástico o acero inoxidable. No utilizar cámara de acero al carbono porque llegaría a oxidarse con los líquidos de limpieza.

Para pinturas en base disolvente, utilizar un equipo con cámara metálica, si es posible de acero inoxidable. No utilizar nunca plástico, ya que el disolvente podría dañarlo.



**Figura 2.5: Lavadora de pistolas**

*Fuente: Libro Blanco para la Minimización de Residuos y Emisiones*

Con objeto de reducir el consumo de disolventes de limpieza, se puede disponer de equipos de reciclado de disolventes. Mediante la destilación de los disolventes sucios se separan los lodos de pintura de la fracción de disolventes que puede ser reutilizada. De este modo se consigue reducir la cantidad de residuos que han de ser entregados a un gestor autorizado, y reducir la compra de disolventes para limpieza.

## 2.8. Problemáticas ambientales en el pintado industrial

En el presente capítulo se describen las principales problemáticas ambientales detectadas en los procesos de pintado industrial.

### **2.8.1. Salud laboral**

Es necesaria una identificación adecuada de los riesgos potenciales de la utilización y aplicación de pinturas. Para ello, es necesario conocer las propiedades toxicológicas de todos los productos que forman parte de la composición de la pintura. Esta información es facilitada por los suministradores de los productos, bien en la etiqueta del producto.

Asimismo, es importante conocer las vías de exposición de los productos en el ambiente. En el caso concreto de la aplicación de pinturas, la principal vía de exposición son las vías respiratorias, y en menor medida, la absorción cutánea.

Debido al gran impacto que está teniendo actualmente toda la normativa medioambiental y de seguridad, es muy importante que la empresa tenga accesible la información más actualizada sobre todos los temas que engloban los productos de pintura.

No se debe olvidar que en las empresas continuamente se están manipulando productos con propiedades muy distintas (inflamables, corrosivos, irritantes, etc.), es por ello fundamental que las fichas de seguridad estén disponibles a todo el personal que en algún momento manipule estos productos. De esta forma, en caso de que tenga lugar algún tipo de incidente (derrame, incendio, intoxicación...) se podrá actuar de una forma rápida y eficaz.

A continuación, se detallan brevemente los puntos más relevantes para el usuario dentro del contenido global de una ficha de seguridad:

- Composición y propiedades físico-químicas, junto con la estabilidad y reactividad del producto: es de suma importancia que se conozcan perfectamente los riesgos potenciales de los productos.
- Primeros auxilios en caso que tenga lugar algún incidente durante la manipulación y/o transporte del producto.
- Medidas en caso de incendio y/o vertido accidental.
- Medidas de orden técnico, junto con las protecciones personales adecuadas: punto de gran interés para los pintores, ya que son ellos los que van a tener que manipular el producto y deben saber qué medidas de protección personal utilizar en cada caso (gafas de seguridad, guantes, etc.).
- Información toxicológica y ecológica: en estos puntos se describen los efectos tóxicos del producto y la peligrosidad de las sustancias para el medio ambiente.
- Información reglamentaria: el etiquetado de cada uno de los productos se realiza en función de la peligrosidad del mismo, es por tanto muy importante el conocimiento de esta reglamentación.

### **2.8.2. Consumo excesivo de pintura**

Se define la eficacia de transferencia como la relación de sólidos que se adhieren a la pieza con respecto a la cantidad total de sólidos de recubrimiento utilizados durante el proceso de aplicación y se expresa como porcentaje. Es una medida de cómo una técnica aplica una capa de pintura, es decir, cuánta pintura de la que se aplica acaba realmente en la pieza.

Las mejoras en la eficacia de transferencia conducen a menores costes (ahorro de materias primas), a menores residuos de pintura y a menores emisiones de VOCs. Depende de un gran número de parámetros, entre los cuales se encuentra la elección de la técnica de aplicación más apropiada para cada caso concreto que a su vez depende de un gran número de factores, tanto económicos, medioambientales, como factores técnicos del proceso industrial, por ejemplo, el flujo de piezas, la calidad del recubrimiento, el tipo de material a recubrir, la geometría de las piezas, las condiciones de espacio y el tipo y el caudal de la pintura, etc.

### **2.8.3. Pulverizado sobrante/residuos**

El pulverizado sobrante se define como la parte de recubrimiento aplicada que no llega a la pieza y que se deposita en los alrededores de ésta (superficie de la cabina de pintura, filtros, bastidores, etc.).

Una cabina de pintura es un recinto que aleja del operario el pulverizado sobrante y las emisiones de disolvente procedentes de las operaciones de pintado y las dirige hacia un filtro. Asimismo, las cabinas mantienen unas condiciones óptimas de temperatura, humedad y limpieza para la aplicación de la pintura. Están diseñadas para capturar las partículas que se liberan al aire durante las operaciones de recubrimiento. No son dispositivos de destrucción de VOCs, sino que su función principal es la de proteger a los operarios de la exposición a los vapores y partículas potencialmente tóxicos. Otra de las funciones de las cabinas es la prevención de incendios y explosión dentro de la instalación, mediante el venteo de altas concentraciones de vapores de disolvente inflamables fuera de la instalación.

#### **2.8.4. Emisiones a la atmósfera**

Las emisiones a la atmósfera consisten principalmente en compuestos orgánicos volátiles (VOCs) que provienen fundamentalmente de los disolventes que se evaporan en la aplicación de la pintura, disolventes generados en el secado/curado de la pintura y disolventes evaporados durante la limpieza de equipos e instalaciones. Asimismo, el aire de salida de las cabinas de pintado y secado, una vez filtradas las partículas de pintura que puedan arrastrar, contiene disolventes orgánicos procedentes de la evaporación de las pinturas. En base a las cada vez mayores exigencias medioambientales, estas emisiones deberán ser también reducidas.

#### **2.9. Definiciones y conceptos claves en producción más limpia**

A continuación se presenta las definiciones y conceptos más importantes relacionados con la PML.

De acuerdo al autor en el punto 5 del capítulo V. [

##### **2.9.1. Contaminación**

“La contaminación es un cambio desfavorable en las características físicas, químicas o biológicas del aire, del agua o de la tierra, que es o podría ser perjudicial para la vida humana, para la de aquellas especies deseables, para nuestros procesos industriales, para nuestras condiciones de vivienda o para nuestros recursos culturales; o que desperdicie o deteriore recursos que son utilizados como materias primas.”

(Science Advisory Board, de la EPA)

### **2.9.2. Prevención de la contaminación**

“Uso de procesos, materiales o productos que evitan, reducen o controlan la contaminación, lo que puede incluir el reciclado, el tratamiento, los cambios en procesos, los mecanismos de control, el uso eficaz de recursos y la sustitución de materiales.”

(NTP-ISO 14050:2003)

### **2.9.3. Aspecto ambiental**

Elemento de las actividades, productos o servicios de una organización que puede interactuar con el medio ambiente.

(NTP-ISO 14050:2003)

### **2.9.4. Impacto ambiental**

Cualquier cambio en el medio ambiente, ya sea adverso o beneficioso, total o parcialmente resultante de las actividades, productos o servicios de una organización.

(NTP-ISO 14050:2003)

### **2.9.5. Estudio de impacto ambiental (EIA)**

Los EIA son instrumentos de gestión y contiene una descripción de la actividad propuesta y de los efectos directos o indirectos previsibles de dicha actividad en el medio físico y social, a corto y largo plazo, así como la evaluación técnica de los mismos. Deben indicar las medidas necesarias para evitar o reducir el daño a niveles tolerables e incluirán un breve resumen del estudio para efectos de su publicidad.



### **2.9.6. Evaluación de ciclo de vida (ECV)**

Recopilación y evaluación de las entradas, las salidas y de los impactos ambientales potenciales de un sistema de producto a lo largo de su ciclo de vida.

(NTP-ISO 14040:1998)

### **2.9.7. Operación unitaria**

Aquella de naturaleza física donde no ocurren reacciones químicas. Este tipo de operación es común a todas las industrias de proceso.

Las operaciones unitarias estudian principalmente la transferencia y los cambios de energía, transferencias y cambios de materiales que se llevan a cabo por medios físicos, pero también por medios fisicoquímicos.

### **2.9.8. Ecoeficiencia**

Producción de bienes y servicios a niveles competitivos a la par de una reducción sistemática del consumo de recursos y de la generación de contaminantes.

### **2.9.9. Eficiencia**

Capacidad de alcanzar los objetivos y metas programadas con el uso racional de los recursos disponibles, logrando su optimización.

### **2.9.10. Reciclaje, reuso y recuperación (las 3 R's)**

De acuerdo al autor en el punto 6 del capítulo V [“Existen ciertos flujos de residuos cuya cantidad es imposible o difícil de reducir en su fuente de origen (por ejemplo, la

sangre en un matadero de ganado vacuno; las plumas en un matadero de pollos; agua de refrigeración; y otros). Por esta razón, para estos flujos de residuos no siempre es posible aplicar medidas de prevención de la contaminación y, por ende, es necesario recurrir a prácticas basadas en el reciclaje, reuso y recuperación, cuyas definiciones genéricas, sin pretender mayor rigurosidad, buscando únicamente una comprensión conceptual, son:

- **Reciclaje:** convertir un residuo en insumo o en un nuevo producto.
- **Reuso:** utilizar un residuo, en un proceso, en el estado en el que se encuentre.
- **Recuperación:** aprovechar o extraer componentes útiles de un residuo.

El reciclaje de residuos puede ser interno o externo. El reciclaje es interno cuando se lo practica en el ámbito de las operaciones que generan los residuos objeto de reciclaje. Cuando éste se practica como un reuso cíclico de residuos en la misma operación que los genera, se denomina “**reciclaje en circuito cerrado**”. El reciclaje externo se refiere a la utilización del residuo en otro proceso u operación diferente del que lo generó. Por otra parte, tanto el reciclaje como el reuso pueden efectuarse, entre otros, por recuperación.”

(CPTS).

Por ejemplo, una botella de vidrio que contenía una bebida gaseosa, luego de que su contenido ha sido vaciado, puede seguir los siguientes caminos (no son los únicos):

- Si la botella retorna al proveedor para que sea nuevamente usada como envase de la bebida gaseosa, o si se la emplea como recipiente para otro líquido, en su forma original, esta práctica se denomina reuso.
- Si la botella es enviada a una fábrica de vidrio, para que ésta la reprocese para la fabricación de otros productos, esta práctica se denomina reciclaje.
- Si la botella, una vez desechada (destruida o no), se mezcla con otros residuos, pero antes de procederse a su disposición final (por ejemplo, en el relleno sanitario), se la separa, para darle otros usos, esta práctica se denomina recuperación.

Sin embargo, existen muchas definiciones de otros autores sobre estos términos, lo que ha llevado a confusión. En los hechos, las situaciones que se presentan pueden llevar a que se interprete una misma práctica con varias definiciones. Lo importante es que se comprenda el concepto global de las tres R's para aplicar los principios de la PML.]

### **2.9.11. Producción más limpia (PML)**

“La Producción Más Limpia es la aplicación continua de una estrategia ambiental, preventiva e integrada, a los procesos productivos, a los productos y a los servicios para incrementar la eficiencia y reducir riesgos para los seres humanos y el ambiente. La Producción Más Limpia puede ser aplicada a los procesos empleados en cualquier industria, a los productos mismos y a los diferentes servicios prestados a la sociedad.

**En los procesos productivos**, la Producción Más Limpia conduce al ahorro de materias primas, agua y/o energía; a la eliminación de materias primas tóxicas y peligrosas; y a la reducción, en la fuente, de la cantidad y toxicidad de todas las emisiones y los desechos, durante el proceso de producción.

**En los productos**, la Producción Más Limpia busca reducir los impactos negativos de los productos sobre el ambiente, la salud y la seguridad, durante todo su ciclo de vida, desde la extracción de las materias primas, pasando por la transformación y uso, hasta la disposición final del producto.

**En los servicios**, la Producción Más Limpia implica incorporar el quehacer ambiental en el diseño y la prestación de servicios”.

(Traducción realizada por el CPTS de la definición oficial, en inglés, de Producción Más Limpia, adoptada por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente - PNUMA

(United Nations Environment Program – UNEP)

### **2.9.12. Programa de producción más limpia**

Conjunto de acciones específicas, ordenadas secuencialmente en el tiempo, que conducen a la eficiencia integral de la organización y a la reducción de los riesgos sobre la población humana y el ambiente, mediante el análisis de los procesos, para definir, evaluar, seleccionar e implantar medidas efectivas. ]

## **2.10. Generalidades y principios para la práctica de producción más limpia**

De acuerdo al autor en el punto 7 del capítulo V [

### **2.10.1. Producción más limpia**

Producción Más Limpia es la aplicación continua de una estrategia ambiental preventiva e integrada para los procesos, productos y servicios con el objetivo de incrementar la eficiencia integral de la organización y reducir los riesgos sobre la población humana y el ambiente. Puede ser aplicada a los procesos utilizados en cualquier organización, para productos y servicios diversos brindados dentro de la sociedad y abarcan desde cambios operacionales, relativamente fáciles de aplicar, hasta cambios más extensos, como la sustitución de insumos tóxicos o el uso de tecnologías más limpias y eficientes.

En los procesos productivos resulta de uno o la combinación de:

- La conservación y ahorro de materias primas, agua y energía, entre otros insumos.

- La eliminación de materias primas e insumos tóxicos y peligrosos mediante la sustitución, con el fin de reducir los impactos negativos que acompañan su extracción, almacenamiento, uso o transformación.
- Reducción en la fuente de la cantidad y toxicidad del total de las emisiones y residuos durante el proceso productivo.

En los productos está dirigido a:

- La reducción de los impactos del producto en el ambiente, la salud y la seguridad durante su ciclo de vida, desde la extracción de la materia prima, su manufactura y uso, hasta su disposición final.

En los servicios está dirigido a:

- La incorporación de consideraciones ambientales en el diseño y prestación del servicio.

De acuerdo al autor en el punto 8 del capítulo V [La experiencia internacional ha demostrado que, a lo largo, la Producción Más Limpia es más efectiva desde un punto de vista económico y más sensata desde un punto de vista ambiental, que los métodos tradicionales de control y tratamiento al final del proceso.]

### **2.10.2. Principio de sostenibilidad**

Se refiere a la integración equilibrada de los aspectos sociales, ambientales y económicos del desarrollo, así como en la satisfacción de las necesidades de las actuales y futuras generaciones.

La producción más limpia constituye lograr un equilibrio entre los aspectos ambientales y económicos al hacer un uso eficiente de los recursos, disminuyendo de esta manera los impactos ambientales que afectan a la sociedad.

### **2.10.3. Principio de prevención**

La Producción Más Limpia como estrategia que permita minimizar los efectos negativos que los procesos productivos generen sobre el ambiente.

### **2.10.4. Principio de internalización de costos**

El costo de las acciones de prevención relacionadas con la protección del ambiente y de sus componentes de los impactos negativos de las actividades humanas debe ser asumido por los causantes de dichos impactos.

### **2.10.5. Principio de innovación tecnológica**

Estrategia clave dirigida al desarrollo de nuevos procesos y productos, mediante la generación, transferencia, incorporación y adaptación de tecnologías; representa un trabajo sistemático que implica ver el cambio como una oportunidad, superar lo gastado, lo obsoleto, lo improductivo, llevar ideas nuevas al nivel de realización práctica, hasta que sean utilizables y aplicables.

La innovación es producto de la creatividad del hombre y la mujer, y el empleo eficaz de las herramientas de Ciencia y Tecnología. Impulsar la innovación en los sectores productivos de bienes y servicios y regiones, requiere de una organización y gestión de sus sistemas de innovación.]

### **2.11. Beneficios de implementar un programa de producción más limpia**

De acuerdo al autor en el punto 9 del capítulo V [Los beneficios para las organizaciones que implementen un programa de Producción Más

Limpia incluyen:

- Mejoras en la productividad y la rentabilidad: los cambios a efectuarse en la producción conllevan a un aumento en la rentabilidad, debido a un mejor aprovechamiento de los recursos y a una mayor eficiencia en los procesos, entre otros.
- Mejoras en el desempeño ambiental: un mejor uso de los recursos reduce la generación de residuos, los cuales pueden, en algunos casos, reciclarse, reutilizarse o recuperarse. Por consiguiente, se reducen los costos y se simplifican las técnicas requeridas para el tratamiento al final del proceso y para la disposición final de los residuos.
- Mejoras en la imagen: por ser amigables con el ambiente.
- Incremento del valor agregado del producto final, debido a la exigencia de mercados que incluyen dentro de sus requerimientos de compra la variable ambiental
- Mejoras en el entorno laboral: contribuye a la seguridad industrial, higiene, relaciones laborales, motivación, etc.
- Adelantarse a gestiones futuras inevitables: a corto o mediano plazo, las organizaciones deberán adecuarse a la reglamentación ambiental. Ante esta realidad, es preferible ser parte de la gestión del cambio antes que se imponga por la reglamentación o por las exigencias del mercado, tomando en cuenta que los recursos son limitados y, en el largo plazo, las empresas no tendrán derecho a “derrochar” recursos, que a otros les puede faltar, aunque paguen por ellos.

- Aporta el enfoque preventivo dentro de los Sistemas voluntarios de Gestión Ambiental, y las Evaluaciones de Impacto Ambiental y los Programas de Manejo Ambiental requeridas por las autoridades ambientales.
- Menores niveles de inversión asociados a tratamientos y/o disposición.

De acuerdo al Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente – PNUMA, la Producción Más Limpia debidamente implementada:



**Tabla 2.3: Resumen de beneficios de implementar producción más limpia según PNUMA**

<b>Siempre</b>	Reduce las responsabilidades a largo plazo que las organizaciones pudiesen enfrentar luego de muchos años de estar generando contaminación.
<b>Usualmente</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Incrementa la rentabilidad.</li> <li>• Reduce los costos de producción.</li> <li>• Aumenta la productividad.</li> <li>• Genera una rápida recuperación de capital sobre cualquier inversión que haya sido necesaria.</li> <li>• Aumenta el mercado de un producto.</li> <li>• Conlleva un uso más eficiente de la energía y la materia prima.</li> <li>• Mejora la calidad del producto.</li> <li>• Aumenta la motivación del personal.</li> <li>• Motiva la participación activa del trabajador quien aporta ideas y contribuye en su implementación.</li> <li>• Reduce los riesgos del consumidor.</li> <li>• Reduce el riesgo de accidentes ambientales.</li> <li>• Es apoyada por los empleados, las comunidades locales, clientes y público en general.</li> </ul>
<b>A menudo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Evita los costos por incumplimiento de las leyes.</li> <li>• Disminuye los costos de los seguros.</li> <li>• Hace más factible recibir financiamiento de instituciones financieras y otros prestamistas.</li> <li>• Es rápida y fácil de implementar.</li> <li>• Requiere una mínima inversión de capital.</li> </ul>

*Fuente: Guía Peruana de GP 900.200.2007]*

## 2.12. Estrategias de producción más limpia

De acuerdo al autor en el punto 10 del capítulo V [Entre las estrategias de Producción Más Limpia se tienen:

**Tabla 2.4: Resumen de estrategias de producción más limpia**

<p><b>Buenas prácticas operativas</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Procedimientos e organización y métodos.</li> <li>• Prácticas de gestión.</li> <li>• Segregación de residuos.</li> <li>• Mejor manejo de materiales.</li> <li>• Cronograma de producción.</li> <li>• Control de inventario.</li> <li>• Capacitación.</li> </ul>
<p><b>Mejor control de los procesos</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Procedimientos operativos e instrucciones de los equipos redactados en forma clara, y disponibles de manera que los procesos se ejecuten más eficientemente y produzcan menos residuos y emisiones.</li> <li>• Registro de las operaciones para verificar cumplimiento de especificaciones de procesos.</li> </ul>
<p><b>Reutilización, recuperación y reciclaje in situ</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reutilización de materiales residuales dentro del mismo proceso para otra aplicación en beneficio de la</li> </ul>

	organización.
<b>Producción de subproductos útiles</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Transformación del residuo en un subproducto que puede ser vendido como insumo para organizaciones en diferentes sectores del negocio.</li> </ul>
<b>Substitución de insumos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Insumos menos tóxicos.</li> <li>• Materiales renovables.</li> <li>• Materiales auxiliares que tengan un tiempo de vida más largo en anaquel.</li> </ul>
<b>Reformulación/rediseño del producto</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diseño con menor impacto ambiental durante el tiempo de vida del producto.</li> <li>• Diseño con menor impacto ambiental durante su producción.</li> <li>• Incremento de la vida útil del producto.</li> </ul>
<b>Modificación del equipo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mejor equipo.</li> <li>• Mejores condiciones de operación.</li> <li>• Equipo de producción e instalaciones de manera que los procesos se hagan con mayor eficiencia y se generan menores residuos y emisiones.</li> </ul>
<b>Cambio de tecnología</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Actualización tecnológica en organización.</li> <li>• Mayor automatización.</li> <li>• Mejores condiciones de operación.</li> <li>• Reingeniería de procesos.</li> </ul>

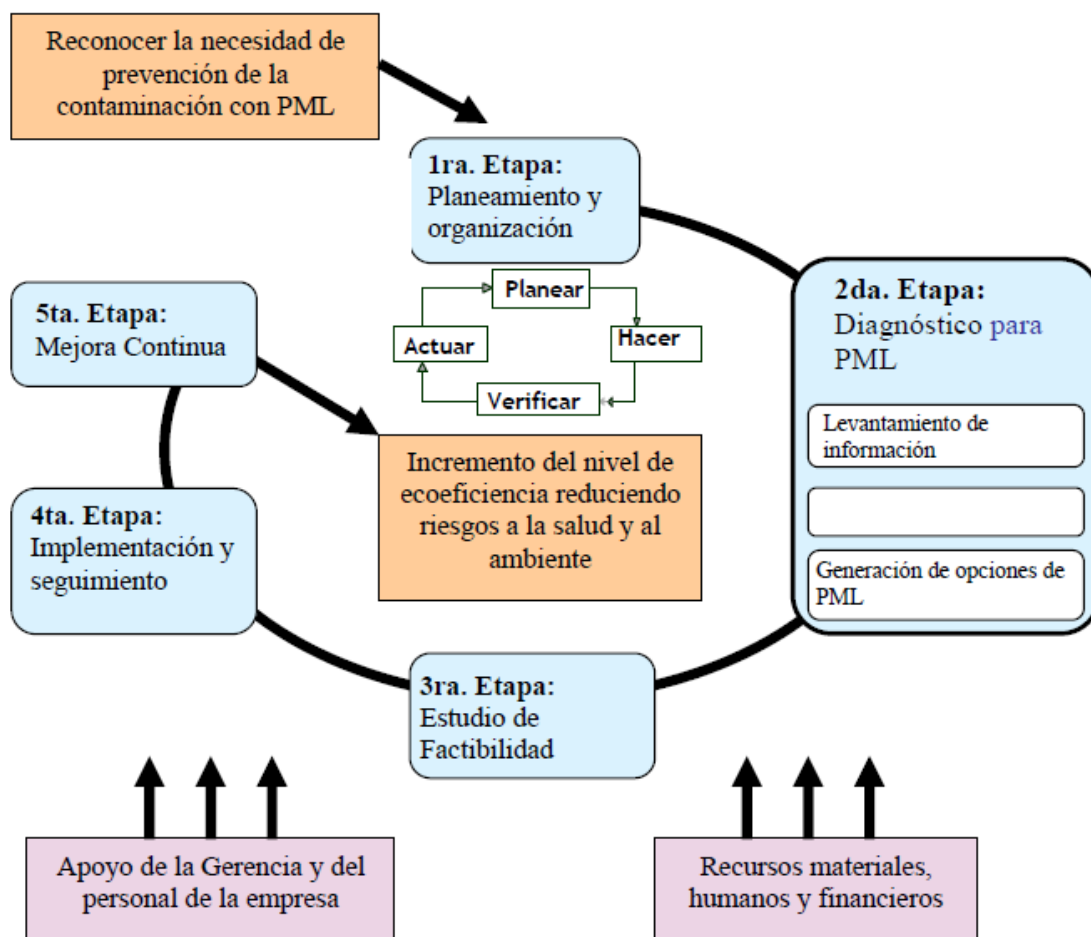
*Fuente: Guía Peruana de GP 900.200.2007]*

### **2.13. Metodología para desarrollar un programa de producción más limpia**

La implementación de un programa de Producción Más Limpia en una organización es un proceso compuesto de 5 etapas.

- 1ra Etapa: Planeamiento y Organización
- 2da Etapa: Diagnóstico de Producción Más Limpia
- 3ra Etapa: Estudio de Factibilidad
- 4ta Etapa: Implementación y Seguimiento de las Oportunidades de Producción Más Limpia
- 5ta Etapa: Mejora Continua

De acuerdo al autor en el punto 11 del capítulo V. [



**Figura 2.5: Etapas para la implementación de un programa de producción más limpia**

*Fuente: Guía Peruana de GP 900.200.2007*

A continuación se detalla el contenido de la elaboración del programa:

### 12.3.1. 1ra Etapa, planeamiento y organización

- a) Involucrar y obtener el compromiso de la alta dirección
- b) Establecer el Comité de Producción Más Limpia
- c) Definir objetivos generales

- d) Elaborar el cronograma de actividades
- e) Identificar limitaciones y alternativas de solución

### **12.3.2. 2da Etapa, diagnóstico de producción más limpia**

Levantamiento de información:

- a) Recopilar información sobre los procesos y servicios
- b) Definir y evaluar las actividades de la organización
- c) Enfocar el trabajo del Comité de Producción Más Limpia en las áreas prioritarias de la organización

Análisis de resultados:

- d) Elaboración de balances de materiales y energía para las operaciones/procesos unitarios y actividades prioritarias
- e) Definir las causas de los flujos de contaminantes y de las ineficiencias

Generación de opciones de Producción Más Limpia:

- f) Desarrollar oportunidades de Producción Más Limpia
- g) Pre-seleccionar las opciones generadas

### **12.3.3. 3ra Etapa, estudio de factibilidad**

Elaboración del informe de diagnóstico:

- a) Evaluación preliminar
- b) Evaluación técnica
- c) Evaluación económica
- d) Evaluación ambiental
- e) Seleccionar oportunidades factibles

Presentación y revisión del informe:

- f) Presentación final del informe de diagnóstico
- g) Revisión del informe por la alta dirección

**12.3.4. 4ta Etapa, implementación y seguimiento de las oportunidades de producción más limpia**

- a) Obtención de fondos
- b) Preparar el Plan de Acción de Producción Más Limpia
- c) Implantar las Oportunidades de Producción Más Limpia
- d) Supervisar y evaluar el alcance

**12.3.5. 5ta Etapa, mejora continua**

- a) Mantener las actividades de Producción Más Limpia]

Como parte del alcance del presente informe se han considerado desarrollar la 2da Etapa: Diagnóstico de Producción Más Limpia y la 3ra Etapa: Estudio de Factibilidad, las demás etapas no forman parte del desarrollo del tema.

### **III. DESARROLLO DEL TEMA**

#### **3.1. Aspectos e impactos ambientales**

La industria, a medida que ha ido avanzado a través del tiempo, se ha ido desarrollando tanto tecnológica como económicamente. Nuevas aplicaciones tecnológicas hacen que la eficiencia del proceso sea muy buena; pero esto a su vez ha traído como consecuencia el crecimiento acelerado de la contaminación al medio ambiente por factores característicos correspondientes a cada industria. El rubro de la metalmecánica no es la excepción, por tanto, el tipo de trabajo que se distingue en este caso, nos da a entender que hay una acumulación grande de desechos tóxicos, en forma de residuos sólidos, emisiones de polvos finos y efluentes, que provocan un impacto serio al ambiente manifestados, en algunos casos a largo plazo, como: la carencia de áreas verdes en las zonas aledañas, baja calidad de aire debido al material particulado, acumulación de basura y su degradación que origina un cambio en el tipo de tierra, contaminación de las aguas a donde van a parar los efluentes, entre otros; en caso de alteraciones en los seres vivos tenemos: mutaciones provocadas por los metales imperceptibles que son inhalados, tanto en los humanos como animales, dificultades respiratorias, etc. Por lo tanto un estudio eficiente de las condiciones de una empresa en este ámbito, podrá ser útil para detectar las fallas del proceso productivo y trabajar en ellas para su mejora, reduciendo el impacto ambiental y optimizando la producción con mejoras en el proceso que traerán satisfacciones tanto para el empresario, por el aumento de sus ganancias, como para el ambiente, por su conservación.



## **3.2. Diagnóstico de implementación de producción más limpia**

### **3.2.1. Alcance del diagnóstico de producción más limpia**

El presente documento se basa en el análisis de una empresa metalmecánica dedicada a la producción de estructuras metálicas desde su fabricación hasta el pintado de las mismas.

La empresa tiene diferentes áreas y procesos involucrados a nivel de organización, sin embargo, para este alcance sólo se enfoca en aquellos involucrados en el proceso de producción de los productos.

El estudio está enfocado principalmente en el proceso de pintado de dos naves de pintura de la metalmecánica, este proceso es el que será desarrollado en el ámbito de la producción más limpia, los demás procesos serán mencionados oportunamente.

El área de trabajo de las naves de pintura es de 50x150 metros cuadrados y una altura de 6 metros cada una.

Se determinaron los siguientes puntos:

#### **Orden y organización**

- Desorden en el área de trabajo y desorganización de las materias primas

#### **Seguridad y salud laboral**

- Carencia de seguridad e higiene en el área a trabajar
- Carencia de insumos básicos de primeros auxilios

#### **Consumo excesivo de pintura**

- Deficiencia en las técnicas de aplicación de pinturas utilizadas

**Pulverizado sobrante/residuos generados**

- Contaminación del medio ambiente a través de residuos tóxicos y efluentes

**Emisiones a la atmósfera**

- Contaminación del medio ambiente a través de emisiones atmosféricas

**3.2.2. Recopilación de información de los procesos**

La información recopilada corresponde a los diferentes procesos involucrados en el proceso productivo, sin embargo, como ya se mencionó anteriormente, el análisis se enfoca básicamente en el proceso de pintado.

**a) Descripción del proceso**

La empresa se organiza en diferentes áreas, tales como áreas administrativas, diseño, recursos humanos, entre otros, así también producción.

El proceso de producción se ejecuta de acuerdo a los siguientes subprocesos:

**Almacenamiento:** Este proceso tiene la finalidad de recibir la materia prima que se utilizará en el proceso productivo, así como la conservación de la misma hasta dar inicio a su transformación en todo el proceso de producción.

**Limpieza:** Este proceso tiene la finalidad de retirar el total de impurezas causadas por el óxido parcial del metal debido a su almacenamiento prolongado por la reacción con el medio.

**Lavado:** Este proceso tiene la finalidad de lavar el material para proceder por consiguiente con el proceso de soldadura.

Soldadura: Este proceso tiene la finalidad de contornear, cortar y moldear el metal a la forma deseada según sea el caso de la orden de trabajo.

Galvanizado: Este proceso tiene la finalidad de recubrir a la estructura con Zn para inhibir la corrosión

Granallado: Este proceso tiene la finalidad de preparar la superficie del metal, retirando los óxidos, escamas de óxidos, entre otras impurezas no retiradas en el proceso de limpieza, además de darle una rugosidad adecuada al metal, previa a la etapa del pintado.

Pintado: Este proceso tiene la finalidad de realizar la aplicación de pinturas con solventes, inhibidores y sustancias protectoras del metal, tanto para su conservación y protección contra la corrosión como acabado final, el área de trabajo es de 50x150 metros cuadrados por cada nave de pintura.

En este proceso es donde se realiza un control de calidad de las estructuras metálicas, aquí se miden espesores de películas de pintura, se determinan si existen defectos en los recubrimientos además se determina si un producto terminado está conforme y puede ser liberado para dar paso a los siguientes procesos.

Empacado: Este proceso tiene la finalidad de embalar los productos terminados para su posterior traslado.

Despacho: Este proceso tiene la finalidad de transportar los productos terminados al destino correspondiente.

Todos los procesos se realizan sobre la superficie de la tierra y su contacto con él es directo.

**b) Uso de recursos**

**Energía eléctrica**

El consumo de la energía en el área de pintado se distribuye de la siguiente forma:

**Tabla 3. 1: Uso de recursos de energía eléctrica**

<b>Lugar</b>	<b>Equipo/ Herramienta</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Descripción</b>	<b>Capacidad</b>	<b>Consumo</b>
Nave de Pintado N° 1	Compresor	1	Abastece a 2 máquinas sopladoras de pintura	10 hp	22 horas/día
	Lijadora	1	Sirve para lijar las estructuras metálicas	220 watt	10 horas/día
	Reflector	12	Iluminación del área	200 watt	12 horas/día
	Foco	7	Iluminación del área	150 watt	12 horas/día
Nave de Pintado N° 2	Compresor	1	Abastece a 2 máquinas sopladoras de pintura	7.5 hp	22 horas/día
	Lijadora	1	Sirve para lijar las estructuras metálicas	220 watt	8 horas/día
	Reflector	11	Iluminación del área	200 watt	12 horas/día
	Foco	5	Iluminación del área	150 watt	12 horas/día

*Fuente: Elaboración propia. Basado en la recomendación de la Guía Peruana de GP 900.200.2007*

**Agua potable**

En esta área no hay requerimiento de este recurso para el proceso, por tanto no hay consumo alguno.

**Combustible**

Las maquinas funcionan todas con energía, por lo tanto no se hace uso de combustible alguno.

**c) Enfoque del trabajo de producción más limpia en las áreas prioritarias de la organización**

En la Empresa analizada se realizó una evaluación ambiental de su proceso productivo de pintado y a partir de los resultados obtenidos en el diagnóstico y con objeto de definir su plan de actuación, se hizo una priorización de las principales problemáticas ambientales para definir por dónde comenzar a actuar en su proceso de mejora continua.

La priorización de las problemáticas ambientales se hizo sobre la base de los siguientes criterios:

**Económicos**

En función de los costes que supone para la empresa dicho aspecto ambiental.

Estos costes pueden ser:

Internos: incluyen costes por pérdidas de materias primas, costes de mano de obra, de manipulación del residuo, reactivos de depuración y costes de pérdida de valor añadido.

Externos: costes de gestión del residuo, canon de vertido, etc.

**Ambientales**

En función del grado de importancia del impacto ambiental generado.

**Imagen de la empresa**

En función de la influencia que tenga cada problemática ambiental en la imagen pública de la empresa. Dentro de este criterio también se incluyen los aspectos de salud laboral.

**Potencial de minimización**

En función de si las posibilidades o potencial de minimización son altas, medias o bajas.

Solamente tiene sentido el estudio de medidas para aquellos aspectos para los que existe potencial de minimización. Por ello, solamente se priorizarán dichos aspectos.

En la siguiente tabla se presentan de forma sinóptica los aspectos ambientales de la Empresa.

Valoración:

Aspecto prioritario



Aspecto importante



Aspecto de escasa importancia



**Tabla 3.2: Priorización de aspectos ambientales de la empresa**

<b>Problemática Ambiental</b>	<b>Criterios Económicos</b>	<b>Criterios Ambientales</b>	<b>Criterios de Imagen</b>	<b>Potencial de Minimización</b>	<b>Aspectos Prioritarios</b>
Orden y Organización	Black	Light Gray	Dark Gray	Light Gray	3
Seguridad y Salud Laboral	Light Gray	Light Gray	Black	Light Gray	4
Consumo Excesivo de Pintura	Black	Light Gray	Light Gray	Light Gray	5
Pulverizado Sobrante/Residuos Generados	Black	Dark Gray	Light Gray	Black	2
Emisiones a la Atmósfera	Dark Gray	Black	Black	Black	1

*Fuente: Guía Peruana de GP 900.200.2007*



### 3.2.3. Definición y evaluación de las actividades de la organización

#### 3.2.3.1. Orden y organización

El proceso de pintado es uno de los procesos más desordenados que se tiene en la planta metalmeccánica, esto es debido a que no existe un apilamiento adecuado de las estructuras metálicas antes, durante y después de realizado el proceso, esto significa que las estructuras metálicas provenientes de la etapa anterior son descargadas sin el menor cuidado en cualquier espacio libre, generando desorden, luego, cuando ya se determina ejecutar el proceso de pintado, estas estructuras, son organizadas de tal forma que es necesario mover o adecuar las estructuras que ya han sido pintadas y están puestas ahí esperando ser despachadas, originando un mal apilamiento de las estructuras, finalmente, cuando el proceso de pintado ha finalizado, y la pintura ha secado y aún no han sido despachadas, estas estructuras son arrinconadas unas sobre otras en cualquier espacio libre encontrado, es decir no existe un espacio designado para el apilamiento de las mismas antes y después del proceso de pintado.



**Figura 3.1: Vigas apiladas**

**Figura 3.2: Desorden en el área**

*Fuente: Elaboración propia. Fotografiada en la empresa Técnicas Metálicas S.A.C.*

Podemos resumir en tres puntos importantes:

El área de trabajo se encuentra en un estado de completa desorganización, baldes de pintura y solventes se ubican a lado de los efluentes tóxicos al aire libre

No existe un departamento dentro del área destinada para los implementos y ropa de los trabajadores, por lo que se observa un desorden provocado por sus herramientas y vestimentas, repartidas por cualquier rincón libre en el área.

Las maquinas no tienen un lugar establecido para cuando no se usen, están a la deriva y pueden chocarse con cualquiera.



**Figura 3.3: Baldes de pintura dispersos**

*Fuente: Elaboración propia. Fotografiada en la empresa Técnicas Metálicas S.A.C.*

### **3.2.3.2. Seguridad y salud laboral**

El proceso de pintado por su naturaleza de trabajar con materiales tóxicos e inflamables debe ser uno de los procesos que mayor seguridad exija, sin embargo, se puede encontrar que, producto del propio proceso de pintado se generan desechos sólidos como baldes de pintura que están esparcidos por toda el área generando

riesgos por accidentes de tropiezos, cortes e inhalación. Se puede visualizar cómo el cableado del área se encuentra en mal estado, algunos cables se visualizan colgando por las paredes del área sin el menor cuidado, éstas a su vez chocan con las estructuras mal apiladas, se visualiza también como algunos cables se encuentran recubiertos por las pinturas utilizadas en el propio proceso, esto indica que existe un contacto directo entre el cableado y las estructuras metálicas mal apiladas, esto generara como consecuencia un alto riesgo de explosión del área.

Podemos resumir en los siguientes puntos importantes:

Se cuenta con extintores en ubicaciones inadecuadas y en algunos casos cubiertos de pintura, no pudiéndose distinguir las fechas de caducidad.

Las líneas de electricidad cuelgan por toda el área y están al alcance de cualquiera pudiéndose generar fácilmente un accidente.

Las cajas de electricidad donde llegan las líneas están abiertas a la intemperie sin cuidado alguno, prestándose a cualquier accidente por negligencia.

El techo es de calamina con eternit y no tapa el área por completo, los cables de electricidad pasan por ahí y en caso de una lluvia y un cable pelado sería fatal.

No se cuenta con un botiquín ni un tópico, indispensable en cualquier área de trabajo, en caso de emergencia.

No se cuenta con un baño ni grifos de agua, para la higiene personal de los empleados.

### **3.2.3.3. Consumo excesivo de pintura**

Las técnicas de aplicación de pintura utilizadas en el proceso de pintado generan unas pérdidas de alrededor del 2% de la pintura.

### **3.2.3.4. Pulverizado sobrante/residuos generados**

Se dan de dos maneras:

**a. Residuos sólidos**

Los desechos sólidos que se obtienen en el área de pintado son producto de la acumulación de los contenedores de pintura y solventes (baldes), que son usados para el pintado de las estructuras, también por los residuos de huaypes y trapos que son utilizados para limpiar las estructuras y máquinas compresoras. Estos desechos sólidos no son dispuestos ni tratados adecuadamente.

En el área de soldadura, es donde se producen más desechos sólidos, puesto que los residuos de los cortes del metal son desechados al medio sin tratamiento alguno, provocando la contaminación del medio y proliferación de descomposición inorgánica.

**b. Efluentes tóxicos**

El área de pintado es el más fuerte contaminante por efluentes puesto que los residuos de los solventes que se usan en el lavado de máquinas de pintura, son acumulados en un balde y luego desechados a la tierra o enviados al basurero.

**3.2.3.5. Emisiones a la atmósfera**

Las emisiones son producidas básicamente por cuatro áreas: soldadura, limpieza, pintado y granallado.

En el proceso de soldadura, el tratamiento de algunos materiales para una forma específica, hace uso de máquinas especiales que a consecuencia de ello, producen partículas muy finas de polvo (metal) muy perjudiciales para el sistema respiratorio,

estos pululan en el aire que se respira en los alrededores, ya que no son controlados con ningún instrumento o maquina alguna.

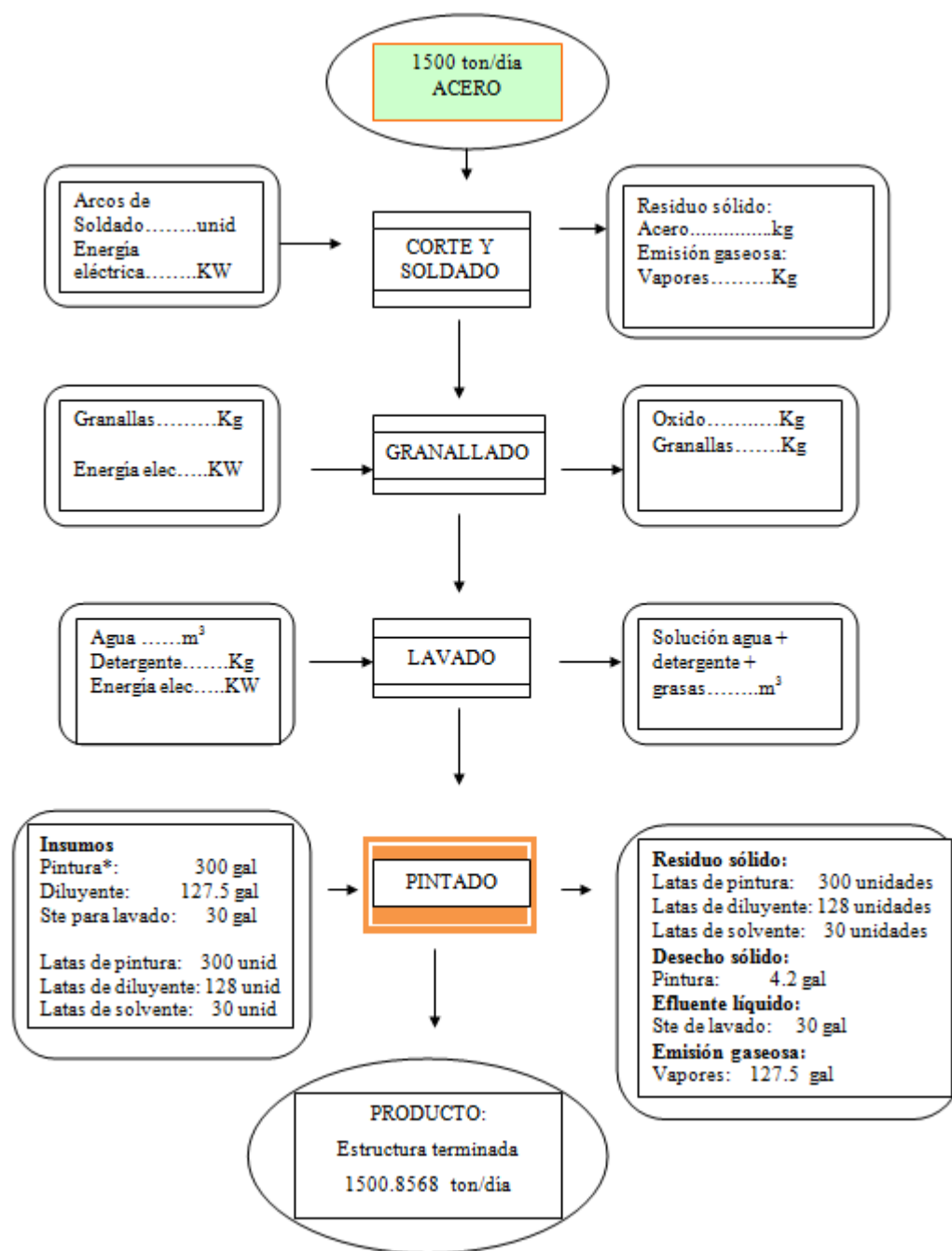
En el proceso de limpieza, la acción de limpiar las estructuras con máquinas específicas para ello, trae como consecuencia la producción de material particulado constituido por el óxido del material.

El proceso de pintado produce emisiones en forma de vapores, debido a la evaporación de solventes que se usan en las mezclas de pintura para el respectivo pintado de las estructuras, estos vapores de solventes no son controlados de ninguna manera y son absorbidos por las personas que se encargan del área. Otra forma de efluentes son las pinturas que caen directamente al suelo, ya que al llevar a cabo el soplado, no toda la pintura se gasta en pintar la estructura sino parte de ella cae al suelo.

El proceso de granallado es uno de los principales emisores; puesto que, la tolva que se encarga de separar las partículas fina de las gruesas luego del granallado de la estructura para su obtención como metal puro libre de óxido, descarga los polvos finos al ambiente, partículas tan pequeñas que pueden llegar a medir 5 micras, prácticamente imperceptibles a nuestro olfato.

### **Diagrama de flujo**

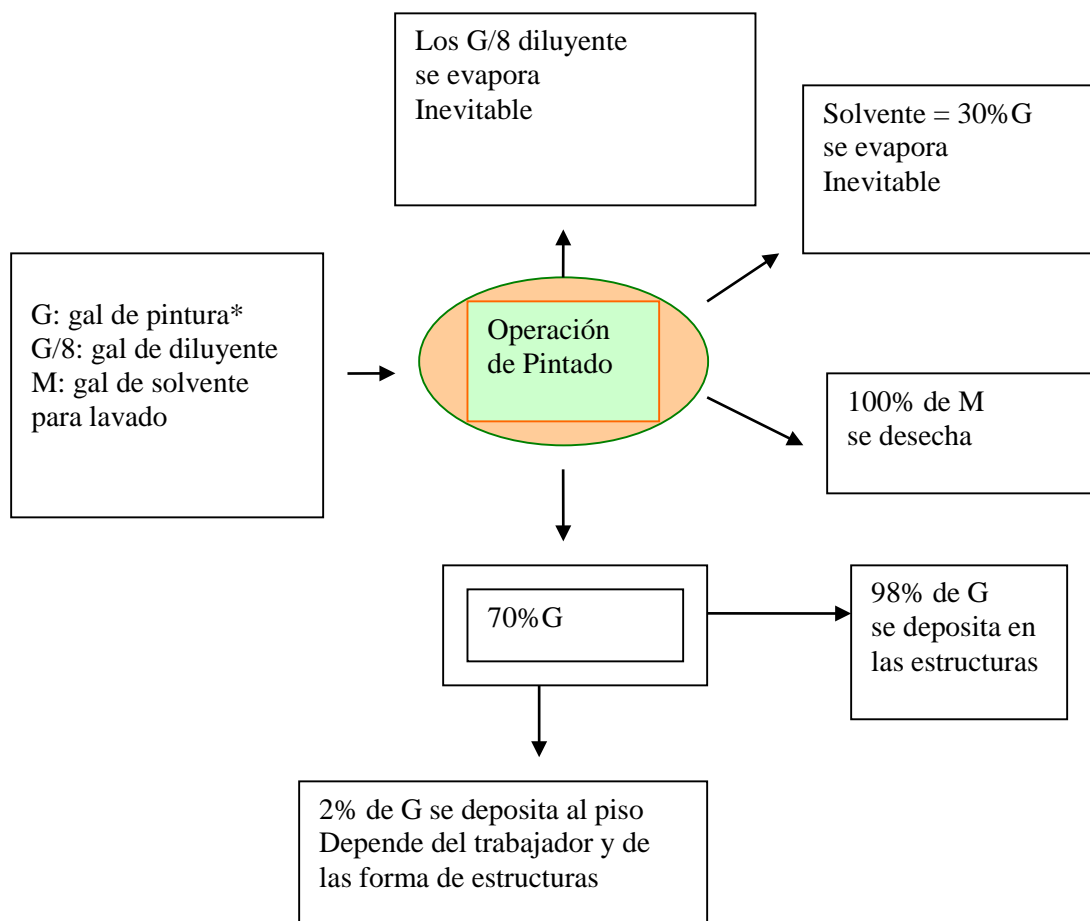
En el siguiente diagrama de flujo se muestran todas las etapas; desde el ingreso de la materia prima que luego pasa al área de corte y soldadura después al granallado, para luego ser lavado y finalmente el área de pintado donde se centraron los esfuerzos para desarrollar exhaustivamente el balance de materia y energía, para conocer a fondo el proceso de pintado, ya que, esta etapa es, como ya lo mencionamos, prioritaria para el análisis de la emisiones contaminantes.



**Figura 3.4: Diagrama de producción de una estructura metálica**

*Fuente: Elaboración propia. Basado en la recomendación de la Guía Peruana de GP 900.200.2007*

A continuación mostraremos el desglose de la etapa de pintado del diagrama de flujo antes expuesto para dar un mayor detalle y exponer con más claridad las proporciones en que se generan los desechos y residuos respecto de las entradas de pintura, puesto que, es este el insumo que conjuntamente con el diluyente generaran los residuos y desechos: así como los factores que intervienen en la generación de estos.



**Figura 3.5: Diagrama del proceso de pintado**

*Fuente: Elaboración propia. Basado en la recomendación de la Guía Peruana de GP*

*900.200.2007*

\* La pintura contiene sólidos (resinas más cargas) más solvente, el solvente se evapora durante el secado quedando sobre la superficie del metal las resinas y los otros aditivos de la pintura.

### **3.2.4. Elaboración de balances de materia y energía para los procesos unitarios y actividades prioritarias**

#### **3.2.4.1. Balance de materia**

El balance de materia será realizado para el proceso del pintado descrito anteriormente, este es el proceso de la empresa donde se genera, una significativa producción de contaminantes, por lo cual, resulta ser un área prioritaria.

De las visitas realizadas en el transcurso de la etapa de recopilación de datos se obtuvieron los siguientes datos para el proceso de pintado:

#### **Cuantificación de entradas por día**

**Tabla 3.3: Cuantificación de entradas por día en el proceso de pintado**

OPERACIÓN UNITARIA	INSUMOS		MATERIA PRIMA
	PINTURA (gal/día)	DILUYENTE (gal/día)	ACERO (Tn/día)
Pintado	300	37.5	1500

*Fuente: Elaboración propia. Basado en la recomendación de la Guía Peruana de GP 900.200.2007*



### Cuantificación de salidas por día

**Tabla 3.4: Cuantificación de salidas por día en el proceso de pintado**

OPERACIÓN UNITARIA	EFLUENTE SÓLIDO	EFLUENTE GASEOSO 1	EFLUENTE GASEOSO 2	PRODUCTO
	PINTURA (gal/día)	DILUYENTE (gal/día)	SOLVENTE (gal/día)	ACERO + PINTURA (Tn/día)
Pintado	4.2	37.5	90	1500.8568

*Fuente: Elaboración propia. Basado en la recomendación de la Guía Peruana de GP 900.200.2007*

#### 3.2.4.2. Balance de energía

**Energía térmica:** No aplica debido a que no se utiliza combustibles en el proceso de pintado.

**Energía eléctrica:** Se utiliza para los equipos tales como: compresores, máquinas lijadoras, reflectores y focos.

El consumo de la energía en el área de pintado se distribuye de la siguiente forma:

**Tabla 3.5: Distribución del consumo de energía por día en el proceso de pintado**

Lugar	Equipo/ Herramienta	Cantidad	Descripción	Capacidad	Consumo
Nave de Pintado N° 1	Compresor	1	Abastece a 2 máquinas sopladoras de pintura	10 hp	22 horas/día
	Lijadora	1	Sirve para lijar las estructuras metálicas	220 watt	10 horas/día
	Reflector	12	Iluminación del área	200 watt	12 horas/día
	Foco	7	Iluminación del área	150 watt	12 horas/día
Nave de Pintado N° 2	Compresor	1	Abastece a 2 máquinas sopladoras de pintura	7.5 hp	22 horas/día
	Lijadora	1	Sirve para lijar las estructuras metálicas	220 watt	8 horas/día
	Reflector	11	Iluminación del área	200 watt	12 horas/día
	Foco	5	Iluminación del área	150 watt	12 horas/día

*Fuente: Elaboración propia. Basado en la recomendación de la Guía Peruana de GP 900.200.2007*

**Tabla 3.6: Distribución del costo del consumo de energía por día en el proceso de pintado**

<b>Lugar</b>	<b>Equipo/ Herramienta</b>	<b>Cantidad (unidad)</b>	<b>Potencia (Kw/unidad)</b>	<b>Consumo (h/día)</b>	<b>Costo Unitario (S./Kw)</b>	<b>Costo Total (S./día)</b>
Nave de Pintado N° 1	Compresor	1	7.46	22	0.4325	70.98
	Lijadora	1	0.22	10	0.4325	0.95
	Reflector	12	0.20	12	0.4325	12.46
	Foco	7	0.15	12	0.4325	5.45
	<b>Sub Total</b>					
Nave de Pintado N° 2	Compresor	1	5.59	22	0.4325	53.19
	Lijadora	1	0.22	8	0.4325	0.76
	Reflector	11	0.20	24	0.4325	22.84
	Foco	5	0.15	24	0.4325	7.79
	<b>Sub Total</b>					
<b>Total</b>						174.41

*Fuente: Elaboración propia. Basado en la recomendación de la Guía Peruana de GP 900.200.2007*

Costo de energía de producción mensual = S/.5232.30

### **3.2.5. Definición de las causas de los flujos de contaminantes y de las ineficiencias**

Del balance de masa realizado en el área de pintado se concluye que son 5 los flujos contaminantes estos son, en orden de importancia, los siguientes:

#### **3.2.5.1. Causas relacionadas con la materia prima que afecta la actividad productiva**

No existen causas relacionadas con la materia prima, ya que la calidad y cantidad no es modificable debido a que proviene de una especificación técnica entregada por el cliente.

#### **3.2.5.2. Causas relacionadas con la tecnología**

##### **Equipo compresor 1**

El equipo compresor de 10 hp ubicado en la nave de pintura N° 1 tiene una antigüedad de alrededor de 10 años, el deterioro y el paso de los años ha ocasionado que su eficiencia haya disminuido en un 10% aproximadamente, este valor se obtuvo de la información proporcionada por el personal que utiliza este equipo, lo que provoca que no se esté utilizando eficientemente la energía, por el contrario se utiliza mayor energía que la necesaria para realizar el trabajo.

## **Equipo compresor 2**

El equipo compresor de 7.5 hp ubicado en la nave de pintura N° 2 tiene una antigüedad de alrededor de 10 años, el deterioro y el paso de los años ha ocasionado que su eficiencia haya disminuido en un 10% aproximadamente, este valor se obtuvo de la información proporcionada por el personal que utiliza este equipo, lo que provoca que no se esté utilizando eficientemente la energía, por el contrario se utiliza mayor energía que la necesaria para realizar el trabajo.

### **3.2.5.3. Causas relacionadas con las prácticas operativas**

#### **a. Desorden**

La carencia de departamento dentro del área destinada para los implementos y ropa de los trabajadores, origina que las herramientas y vestimentas estén dispersas por cualquier rincón libre en el área.

#### **b. Desorganización**

La falta de un área de almacenamiento de los residuos provoca que éstos se encuentren dispersos en toda el área.

La falta de una ubicación destinada únicamente a las máquinas para cuando no se utilicen, produce que éstas estén a la deriva y puedan chocarse con cualquiera.

#### **c. Uso inadecuado de los recursos**

El uso innecesario de la energía eléctrica debido a que durante la mayor cantidad del día (22 horas) se tienen encendidos los equipos e iluminación.

#### **3.2.5.4. Causas relacionadas con los residuos**

##### **Flujo contaminante 1**

Es el solvente de lavado que se desecha, este solvente es utilizado para el lavado de los equipos de pintado, el operario usa como máximo tres veces el mismo solvente para el lavado, luego de esto procede eliminarlo directamente sobre el suelo cercano a su área de trabajo, es piso de este ambiente es tierra afirmada por lo que no tarda mucho tiempo en ser absorbido por la tierra en mayor proporción que la que se evapora.

**Causas del flujo contaminante 1:** Diseño ineficiente del proceso, el desechar este solvente con pintura diluida y no optar por la recuperación de este solvente por algún método hace que se consuman más de este recurso.

##### **Flujo contaminante 2**

Es el solvente de la pintura que se evapora, este solvente está contenido en la pintura como un aditivo que se le agrega en la fabricación. Cuando se procede al pintado de las superficies metálicas este solvente por acción del calor y de las corrientes de aire abandona la superficie pasando al medio ambiente

**Causas del flujo contaminante 2:** Las causas de este flujo contaminante son inherentes tanto al diseño del proceso como a la actividad del trabajador siendo considerado como inevitable.

### **Flujo contaminante 3**

Es el diluyente que se evapora, esta sustancia es agregada a la pintura por el operario, para reducir la viscosidad de esta y poder ser usada con los equipos de pintado. Este diluyente luego de cumplir con su función se evapora al medio ambiente. Este suceso es inevitable no depende del operario ni del diseño del proceso.

**Causas del flujo contaminante 3:** Las causas de este flujo contaminante son inherentes tanto al diseño del proceso como a la actividad del trabajador siendo considerado como inevitable.

### **Flujo contaminante 4**

Es la cantidad de pintura que se pierde; esta pintura es aquella que no queda impregnada en la superficie metálica teniendo como destino todas las demás superficies que están en el ambiente de trabajo, es así que esta pintura termina impregnada en el suelo, paredes, ropa del trabajador, superficie de los equipos, etc.

**Causas del flujo contaminante 4:** Las causas de este flujo contaminante son 2 en primer lugar está el desempeño del trabajador en el pintado y segundo, la forma de la estructura. En cuanto al desempeño del trabajador la cantidad de pintura desperdiciada dependerá de la experiencia, grado de capacitación así como del compromiso con la eficiencia de la operación siendo este un factor muy variable. Analizando el segundo factor que tiene que ver con la forma de la estructura se dirá que la cantidad de pintura desperdiciada dependerá de la continuidad de la estructura, por ejemplo, si la estructura consta de grandes planchas la cantidad de pintura desperdiciada será poca comparándola con una estructura en la que se tienen piezas delgadas alternadas con varios espacios vacíos.

**Flujo contaminante 5**

Este flujo se refiere a las latas de pintura que no tienen más uso en esta etapa, su generación es inevitable.

**Causas del flujo contaminante 5:** Las causas de este flujo contaminante son en primer lugar por mal manejo de los desechos de baldes de pintura y solventes utilizados en el proceso de pintado y también por la falta de almacenamiento de estos desechos en una ubicación adecuada.

**Flujo contaminante 6**

Este flujo se refiere a los huaypes y trapos utilizados para realizar la limpieza de las estructuras y equipos antes y después del proceso de pintado, su generación es controlable.

**Causas del flujo contaminante 6:** Las causas de este flujo contaminante son debido a mal almacenamiento y disposición de estos materiales, no existe un almacén o lugar adecuado para colocar estos desechos.



### **3.2.6. Desarrollo de oportunidades de producción más limpia**

#### **3.2.6.1. Oportunidades relativas a las buenas prácticas operativas**

##### **a. Orden y organización**

###### **Situación actual:**

El área de trabajo se encuentra en un estado de completa desorganización, baldes de pintura y solventes se ubican en todas partes del área de trabajo, sin estar ubicados en un lugar adecuado.

No existe un departamento dentro del área destinada para los implementos y ropa de los trabajadores, por lo que se observa un desorden provocado por sus herramientas y vestimentas, repartidas por cualquier rincón libre en el área.

Las maquinas no tienen un lugar establecido para cuando no se usen, están a la deriva y pueden chocarse con cualquiera.

Desmotivación y deficiente técnica de aplicación de pinturas.

###### **Recomendación:**

Se debe implementar un almacén dentro del área de pintado donde se ubiquen las pinturas donde estén debidamente clasificadas para poder ahorrar tiempo de recorrido.

Se debe asignar una ubicación única para los equipos y herramientas utilizadas en el área.

Formación para aumentar los conocimientos, la motivación y la calidad.

- Aprendizaje de la tecnología de pintado y aplicación por parte de los operarios.

- El conocimiento de los requisitos técnicos aumenta la calidad del trabajo y la motivación de los trabajadores, así como menos defectos en la superficie de las piezas.

### **Resultados esperados:**

Con la implantación del almacén se podría reducir el tiempo de operación en la etapa de pre-pintado y así en general al proceso de pintado.

Con la implantación de un área exclusiva para ubicar los equipos se podría reducir el riesgo por accidente ya que estos equipos no interferirían en el camino de las personas que estén dentro del área.

Con una capacitación regular a los pintores se reducirá el desperdicio de pintura aumentando el rendimiento por galón de pintura pues este varía básicamente por el factor: eficiencia de pintado.

### **b. Seguridad y salud**

#### **Situación actual:**

No se cuenta con un equipo de protección personal, cada trabajador debe adquirirse por cuenta propia sus equipos de protección personal.

Los operarios tienen contacto directo con los solventes, por lo que continuamente se están contaminando.

#### **Recomendación:**

Implementar en la política de seguridad de la empresa el uso obligatorio del equipo de protección respectivo, como guantes de hule, para cualquier tipo de manipulación con solventes, máscaras con cartuchos (para solventes orgánicos y partículas) y lentes de

seguridad. Además, solo permitir el ingreso a las personas que cuenten con el equipo de protección personal completo.

### **Resultados esperados:**

Con estas medidas se reducirá el riesgo de enfermedades causadas por exposición a los solventes teniendo como beneficios trabajadores en plena capacidad física y así obtener un buen desempeño.

#### **c. Uso eficiente de los recursos**

##### **Situación actual:**

Costo de energía de producción mensual = S/.5232.30

##### **Recomendación:**

Disminución en el consumo de energía eléctrica en horas muertas de trabajo.

Consideremos las horas en las que realmente se consume la energía eléctrica es:

##### **Nave de pintado #1**

Uso de un compresor de 10 hp por 18 horas al día, abastecedora de 2 máquinas sopladoras de pintura.

Uso de una maquina lijadora de 220 watt por 10 horas al día.

Uso de 12 reflectores de 200 watt por 8 horas diarias.

Uso de 7 focos de 150 watt por 7 horas diarias.

**Nave de pintado #2**

Uso de un compresor de 7.5 hp por 18 horas al día, abastecedora de 2 sopladores de pintura.

Uso de una maquina lijadora de 220 watt por 8 horas al día.

Uso de 11 reflectores de 200 watt por 8 horas al día.

Uso de 5 focos de 150 watt por 7 horas diarias

**Tabla 3.7: Distribución mejorada del costo del consumo de energía por día en el proceso de pintado**

<b>Lugar</b>	<b>Equipo/ Herramienta</b>	<b>Cantidad (unidad)</b>	<b>Potencia (Kw/unidad)</b>	<b>Consumo (h/día)</b>	<b>Costo Unitario (S./Kw)</b>	<b>Costo Total (S./día)</b>
Nave de Pintado N° 1	Compresor	1	7.46	18	0.4325	58.08
	Lijadora	1	0.22	10	0.4325	0.95
	Reflector	12	0.2	8	0.4325	8.30
	Foco	7	0.15	7	0.4325	3.18
	<b>Sub Total</b>					
Nave de Pintado N° 2	Compresor	1	5.59	18	0.4325	43.52
	Lijadora	1	0.22	8	0.4325	0.76
	Reflector	11	0.2	8	0.4325	11.42
	Foco	5	0.15	7	0.4325	3.89
	<b>Sub Total</b>					
<b>Total</b>						130.10

*Fuente: Elaboración propia. Basado en la recomendación de la Guía Peruana de GP 900.200.2007*

Costo energético mensual (producción) = S/. 3740.10

Ahorro de energía = S/. 1329.30

Se recomienda el uso de focos ahorradores. Además estos reflectores deben estar exactamente por encima de la estructura metálica a pintar para aprovechar mucho mejor la energía eléctrica.

**Resultados esperados:**

Tenemos un ahorro de energía eléctrica de S/. 1329.30

**3.2.6.2. Oportunidades relativas a la reutilización y reciclaje en la organización**

**Situación actual:**

Los desechos sólidos que se obtienen en el área de pintado son producto de la acumulación de los contenedores de pintura y solventes (baldes), que son usados para el pintado de las estructuras, estos se almacenan en un rincón del área de trabajo, para luego ser desechados.

**Recomendación:**

Los envases de pintura generados en el área de pintado deben ser vendidos pues se trata de Hierro (con restos de pintura), una opción será contactarse con una empresa recicladora que desee comprar estos desechos.

**Resultados esperados:**

Se espera que con el reciclaje de estas latas de pintura (que serán vendidas como chatarra) se reduzcan los residuos sólidos con un beneficio económico para la empresa.

**3.2.6.3. Oportunidades relativas al cambio y modificación de tecnología****a. Residuos líquidos****Situación actual:**

Casi la mayoría de los residuos líquidos de la empresa se encuentra en el proceso de lavado de la maquina sopladora de pinturas ya que este se hace con solvente, encontramos que el residuo líquido lo almacenaban en latas que luego lo botan a la suelo.

**Recomendación:**

El desecho líquido generado por el flujo contaminante 1 puede ser recuperado en una máquina de lavado.

- Limpieza automática o semiautomática de pistolas con lavadora especial.
- Las máquinas lavadoras de pistolas de copa ayudan a reducir el tiempo de lavado/limpieza de 10 minutos a aproximadamente 3 minutos. El sistema de depósito de cascada permite la utilización de disolventes usados para la prelimpieza y disolventes nuevos para la limpieza final. La reducción del consumo de disolvente en comparación con el sistema abierto es de aproximadamente el 80%.
- Con adaptadores especiales para la estación de bombeo, también se pueden limpiar las pistolas airless.

**Resultados esperados:**

Reducción del consumo de disolventes de limpieza y del impacto de los vapores de disolventes sobre los operarios.

**b. Energía eléctrica****Situación actual:**

Actualmente se utilizan compresoras relativamente antiguos (alrededor de 10 años) por lo que su eficiencia ha disminuido considerablemente, lo que implica el consumo excesivo de la energía eléctrica.

**Recomendación:**

Adquirir nuevas compresoras que suplanten las antiguas.

**Resultados esperados:**

Ahorro en el consumo de energía y mejor rendimiento del trabajo.

**3.2.7. Preselección de las opciones generadas**

Una vez que han sido generadas las oportunidades de Producción Más Limpia, estas deben de ser pre - seleccionadas, de acuerdo a los siguientes criterios:

- Interferencias entre las oportunidades desarrolladas.
- Oportunidades obviamente imposibles.



En esta etapa se eliminan solo aquellas oportunidades obviamente no factibles y por último las oportunidades similares deben de fusionarse.

A continuación se muestran las oportunidades de Producción Más Limpia identificadas y la determinación de su preselección.

**Tabla 3.8: Oportunidades de producción más limpia**

Naturaleza	Oportunidades Identificadas	Preseleccionada
Buenas Prácticas	Se debe implementar un almacén dentro del área de pintado donde se ubiquen las pinturas donde estén debidamente clasificadas para poder ahorrar tiempo de recorrido.	Sí
Buenas Prácticas	Se debe asignar una ubicación única para los equipos y herramientas utilizadas en el área.	Sí
Buenas Prácticas	Capacitación especializada en cuanto a las técnicas de aplicación de pintado para los operarios, para de esta manera poder mejorar su eficiencia y poder reducir el desperdicio de pintura.	Sí
Buenas Prácticas	Implementar en la política de seguridad de la empresa el uso obligatorio del equipo de protección respectivo, como guantes de hule, para cualquier tipo de manipulación con solventes, máscaras con cartuchos (para solventes orgánicos y partículas) y lentes de seguridad. Además, solo permitir el ingreso a las personas que cuenten con el equipo de protección personal completo.	Sí
Buenas Prácticas	Disminución en el consumo de energía eléctrica en horas muertas de trabajo.	Sí
Reutilización y Reciclaje	Los envases de pintura generados en el área de pintado deben ser vendidos pues se trata de Hierro, una opción será contactarse con una empresa recicladora compradora de desechos.	Sí
Cambio y/o Modificación de Tecnología	El desecho líquido generado por el flujo contaminante 1 puede ser recuperado en una máquina de lavado.	Sí
Cambio y/o Modificación de Tecnología	Adquirir nuevas compresoras que suplanten las antiguas.	Sí

*Fuente: Elaboración propia. Basado en la recomendación de la Guía Peruana de GP*

### **3.3. Estudio de factibilidad**

El estudio de factibilidad se realizará de acuerdo a los siguientes puntos:

#### **3.3.1. Evaluación preliminar**

Para cada oportunidad de Producción Más Limpia seleccionada en el paso anterior, se debe determinar el tipo de evaluación (técnica, ambiental, y/o económica) necesaria para tomar una decisión sobre su viabilidad, y la profundidad con la que se realizarán las evaluaciones consideradas necesarias.

Por ejemplo, una oportunidad de Producción Más Limpia basada en la sustitución de insumos o en un cambio tecnológico en una operación/proceso unitario o actividad posiblemente requiera de una evaluación técnica, ambiental y económica detallada, mientras que una medida sencilla basada en la motivación de empleados posiblemente necesite solamente una rápida evaluación ambiental y económica.

**Tabla 3.9: Evaluación preliminar**

<b>Naturaleza</b>	<b>Oportunidades Identificadas</b>	<b>Tipo de Evaluación</b>
Buenas Prácticas	Se debe implementar un almacén dentro del área de pintado donde se ubiquen las pinturas donde estén debidamente clasificadas para poder ahorrar tiempo de recorrido.	Ambiental Económica
Buenas Prácticas	Se debe asignar una ubicación única para los equipos y herramientas utilizadas en el área.	Ambiental Económica
Buenas Prácticas	Capacitación especializada en cuanto a las técnicas de aplicación de pintado para los operarios, para de esta manera poder mejorar su eficiencia y poder reducir el desperdicio de pintura.	Ambiental Económica
Buenas Prácticas	Implementar en la política de seguridad de la empresa el uso obligatorio del equipo de protección respectivo, como guantes de hule, para cualquier tipo de manipulación con solventes, máscaras con cartuchos (para solventes orgánicos y partículas) y lentes de seguridad. Además, solo permitir el ingreso a las personas que cuenten con el equipo de protección personal completo.	Ambiental Económica
Buenas Prácticas	Disminución en el consumo de energía eléctrica en horas muertas de trabajo.	Ambiental Económica
Reutilización y Reciclaje	Los envases de pintura generados en el área de pintado deben ser vendidos pues se trata de Hierro (con restos de pintura), una opción será contactarse con una empresa recicladora que desee comprar estos desechos.	Ambiental Económica
Cambio y/o Modificación de Tecnología	El desecho líquido generado por el flujo contaminante 1 puede ser recuperado en una máquina de lavado.	Técnica Ambiental Económica
Cambio y/o Modificación de Tecnología	Adquirir nuevas compresoras que suplanten las antiguas.	Técnica Ambiental Económica

*Fuente: Elaboración propia. Basado en la recomendación de la Guía Peruana de GP*

900.200.2007

### **3.3.2. Evaluación técnica**

En esta evaluación se considera el impacto que tendrán estas oportunidades en las tasas de producción, tiempos de operación, adición o eliminación de operación/proceso unitario o actividad, capacitación adicional y/o cambio de personal.

**Tabla 3.10: Evaluación técnica - Parte 1**

Naturaleza	Oportunidades Identificadas	Evaluación Técnica
Buenas Prácticas	Se debe implementar un almacén dentro del área de pintado donde se ubiquen las pinturas donde estén debidamente clasificadas para poder ahorrar tiempo de recorrido.	Mayor eficiencia en el proceso de pintado, al realizar menor tiempo de recorrido, búsqueda y selección de la pintura.
Buenas Prácticas	Se debe asignar una ubicación única para los equipos y herramientas utilizadas en el área.	Mayor eficiencia en el proceso de pintado, al realizar menor tiempo de recorrido, búsqueda y selección de los equipos y herramientas
Buenas Prácticas	Formación para aumentar los conocimientos, la motivación y la calidad. - Aprendizaje de la tecnología de pintado y aplicación por parte de los operarios. - El conocimiento de los requisitos técnicos aumenta la calidad del trabajo y la motivación de los trabajadores, así como menos defectos en la superficie de las piezas.	Posibilidad de aumentar la calidad porque el pintor pone más atención en los parámetros distancia objeto-pistola, ángulo de pulverización, junto con un aumento de la motivación.
Buenas Prácticas	Implementar en la política de seguridad de la empresa el uso obligatorio del equipo de protección respectivo, como guantes de hule, para cualquier tipo de manipulación con solventes, máscaras con cartuchos (para solventes orgánicos y partículas) y lentes de seguridad. Además, solo permitir el ingreso a las personas que cuenten con el equipo de protección personal completo.	Mayor eficiencia en el proceso de pintado, al realizar el trabajo de manera más segura.

*Fuente: Elaboración propia. Basado en la recomendación de la Guía Peruana de GP 900.200.2007*

**Tabla 3.11: Evaluación técnica - Parte 2**

Naturaleza	Oportunidades Identificadas	Evaluación Técnica
Buenas Prácticas	Disminución en el consumo de energía eléctrica en horas muertas de trabajo.	Menor consumo eléctrico, al controlar el uso de este recurso de manera únicamente necesaria.
Reutilización y Reciclaje	Los envases de pintura generados en el área de pintado deben ser vendidos pues se trata de Hierro (con restos de pintura), una opción será contactarse con una empresa recicladora que desee comprar estos desechos.	Mejor desempeño en el trabajo a realizar, debido a que se contará con mayor área transitable.
Cambio y/o Modificación de Tecnología	<p>El desecho líquido generado por el flujo contaminante 1 puede ser recuperado en una máquina de lavado.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Limpieza automática o semiautomática de pistolas con lavadora especial.</li> <li>- Las máquinas lavadoras de pistolas de copa ayudan a reducir el tiempo de lavado/limpieza de 10 minutos a aproximadamente 3 minutos. El sistema de depósito de cascada permite la utilización de disolventes usados para la pre limpieza y disolventes nuevos para la limpieza final. La reducción del consumo de disolvente en comparación con el sistema abierto es de aproximadamente el 80%.</li> <li>- Con adaptadores especiales para la estación de bombeo, también se pueden limpiar las pistolas airless.</li> </ul>	<p>Mejora en la calidad y rapidez en la limpieza de las pistolas y boquillas, por lo tanto, alargamiento de la vida de las pistolas y aumento de la productividad. La limpieza es automática, actualmente la limpieza es manual.</p> <p>Reducción del tiempo utilizado para lavar del operario por lo tanto aumento en la productividad. Se compran menos disolventes, por lo tanto menos residuos de envases de disolvente a gestionar.</p>
Cambio y/o Modificación de Tecnología	Adquirir nuevas compresoras que suplanten las antiguas.	Mayor rendimiento de los equipos y por lo tanto del proceso de pintado.

*Fuente: Elaboración propia. Basado en la recomendación de la Guía Peruana de GP*

### **3.3.3. Evaluación económica**

La finalidad de la evaluación es determinar si las oportunidades identificadas son rentables para la organización. El realizar un análisis adecuado de este tipo es vital, de lo contrario la oportunidad puede dar lugar a un fracaso económico del proyecto lo cual desalentará cualquier otro tipo de inversión en esta área.

A continuación se desarrollará la evaluación económica de cada oportunidad identificada:

#### **a. Creación de un área de almacén de pinturas**

##### **Situación actual:**

El área de trabajo se encuentra en un estado de completa desorganización, baldes de pintura y solventes se ubican en todas partes del área de trabajo, sin estar ubicados en un lugar adecuado.

##### **Recomendación:**

Se debe implementar un almacén dentro del área de pintado donde se ubiquen las pinturas donde estén debidamente clasificadas para poder ahorrar tiempo de recorrido.

##### **Cálculos y resultados:**

Implementar un área de almacén implica calcular cuánto será el área asignada para ello, para esto tenemos las siguientes consideraciones:

Cantidad de latas de pintura utilizadas por día: 300 unidades

Cantidad de latas de diluyente utilizadas por día: 128 unidades

Cantidad de latas de solvente utilizadas por día: 30 unidades



Diámetro de la lata de pintura: 0.15 m

Diámetro de la lata de diluyente: 0.15 m

Diámetro de la lata de solvente: 0.15 m

Altura de la lata de pintura: 0.22 m

Altura de la lata de diluyente: 0.22 m

Altura de la lata de solvente: 0.22 m

Considerando un apilamiento de 5 latas una sobre otra:

Altura de la fila de latas:  $0.22 \text{ m} \times 5 = 1.1 \text{ m}$

Perímetro de almacenamiento:  $458 \text{ unidades} \times 0.15 \text{ m} = 68.7 \text{ m}$

Nº Filas de almacenamiento:  $68.7 \text{ m} / 4 = 17.175 \text{ m}$

(Se considera 2 filas por cada lado del almacén)

Espacio ocupado por las latas:  $0.15 \text{ m} \times 4 = 0.60 \text{ m}$

Espacio disponible transitable: 1.4 m

Espacio disponible para almacén de huaypes y trapos = 2 m

Superficie asignada para el almacén aproximadamente: 25 m (largo) x 2m (ancho)

Costo por distribución del área para el almacén: S/. 0.00

Costo de la pared de drywall: S/5000.00

Costo de mano de obra del pintor: S/ 80.00 / hora

Tiempo de trabajo del pintor por día: 8 horas

Tiempo de recorrido en ubicar las pinturas: 0.5 horas /día

Costo incurrido por ubicar las pinturas:  $0.5 \text{ horas} / \text{día} \times \text{S}/. 80.00 / \text{hora} = \text{S}/. 40.00 / \text{día}$

Costo mensual incurrido por ubicar las pinturas:  $\text{S}/.40.00 / \text{día} \times 30 \text{ días} = \text{S}/. 1200.00 / \text{mes}$

Ahorro económico = S/. 1200.00 /mes

Inversión = S/. 5000.00

Periodo de recuperación =  $S/.5000.00 / S/. 1200.00/\text{mes} = 4.2$  meses

**Factibilidad:**

El costo de inversión es mínimo, por lo tanto es conveniente su implantación.

**b. Creación de un área de ubicación de equipos y herramientas**

**Situación actual:**

Las máquinas no tienen un lugar establecido para cuando no se usen, están a la deriva y pueden chocarse con cualquiera.

**Recomendación:**

Se debe asignar una ubicación única para los equipos y herramientas utilizadas en el área.

**Cálculos y resultados:**

Implementar un área de asignada únicamente para la ubicación de los equipos implica calcular cuánto será el área asignada para ello, para esto tenemos las siguientes consideraciones:

Ancho de la compresora: 1m

Pistola Airless (2):  $1\text{m} \times 2 = 2\text{ m}$

Otras herramientas: 1 m

Área asignada a la ubicación de equipos y herramientas:  $5\text{ m} \times 2\text{ m} = 10\text{ m}^2$

Costo por distribución del área para equipos y herramientas = S/. 0.00

(Superficie al aire libre)

Costo de mano de obra del pintor: S/ 80.00 / hora

Tiempo de trabajo del pintor por día: 8 días

Tiempo de utilizado en trasladar los equipos: 0.1 horas /día

Costo incurrido en trasladar los equipos: 0.1 horas /día x S/. 80.00 /hora = S/. 8.00 /día

Costo mensual incurrido en trasladar los equipos: S/. 8.00 /día x 30 días = S/. 240.00 /mes

Costo de carretilla para traslado de equipos y herramientas: S/. 700.00 /unidad

Ahorro económico = S/. 240.00 /mes

Inversión = S/. 700.00

Periodo de recuperación = S/.700.00 / S/. 240.00/mes = 3 meses

### **Factibilidad:**

El costo de inversión es mínimo, por lo tanto es conveniente su implantación.

### **c. Formación de los operarios en técnicas de aplicación de pinturas**

#### **Situación actual:**

Desmotivación y deficiente técnica de aplicación de pinturas.

#### **Recomendación:**

Formación para aumentar los conocimientos, la motivación y la calidad.

- Aprendizaje de la tecnología de pintado y aplicación por parte de los operarios.
- El conocimiento de los requisitos técnicos aumenta la calidad del trabajo y la motivación de los trabajadores, así como menos defectos en la superficie de las piezas.

#### **Cálculos y resultados:**

Costo de capacitación de técnicas de aplicación de pintura: S/. 0.00

(Las marcas de las pinturas ofrecen gratuitamente estas capacitaciones como valor agregado a la compra de pintura)

Costo por deficiente aplicación de pintura:  $1\% \times S/.120.00/\text{gal} \times 300 \text{ gal/año} = S/. 3600.00/\text{año}$

(Se estima que una buena técnica de aplicación de pintura reduce las pérdidas de 2% a 1%)

Ahorro económico = S/. 3600.00 /año

Inversión = S/. 0.00

Periodo de recuperación = Inmediato

**Factibilidad:**

No hay costo de inversión, por lo tanto es conveniente su implantación.

**d. Creación de una política de seguridad estricta respecto al uso de EPP's.**

**Situación actual:**

Se cuenta con un equipo de protección personal pero este no es utilizado por los trabajadores.

Los operarios tienen contacto directo con los solventes, por lo que continuamente se están contaminando.

**Recomendación:**

Implementar en la política de seguridad de la empresa el uso obligatorio del equipo de protección respectivo, como guantes de hule, para cualquier tipo de manipulación con solventes, máscaras con cartuchos (para solventes orgánicos y partículas) y lentes de seguridad. Además, solo permitir el ingreso a las personas que cuenten con el equipo de protección personal completo.

**Cálculos y resultados:**

Costo de creación de política de seguridad: S/. 0.00

Costo por equipo EPP's: S/. 125.00/persona x 5 personas = S/. 625.00

Costo del día laborable por descanso médico debido a problemas de salud: S/. 80.00/hora x 8 horas x 5 días/año = S/. 3200.00/año

(Este costo es una estimación de acuerdo a los permisos solicitados aproximadamente anuales por temas de salud)

Ahorro económico = S/. 3200.00 /año

Inversión = S/. 625.00

Periodo de recuperación = S/. 625.00/año / S/. 3200.00 = 0.2 años

**Factibilidad:**

El costo de inversión es mínimo, por lo tanto es conveniente su implantación.

**e. Reducción del consumo de horas muertas de electricidad****Situación actual:**

Costo de energía de producción mensual = S/.5232.30

**Tabla 3.12: Evaluación económica de la situación actual del consumo de horas muertas de electricidad**

<b>Lugar</b>	<b>Equipo/ Herramienta</b>	<b>Cantidad (unidad)</b>	<b>Potencia (Kw/unidad)</b>	<b>Consumo (h/día)</b>	<b>Costo Unitario (S/./Kw)</b>	<b>Costo Total (S/./día)</b>
Nave de Pintado N° 1	Compresor	1	7.46	22	0.4325	70.98
	Lijadora	1	0.22	10	0.4325	0.95
	Reflector	12	0.20	12	0.4325	12.46
	Foco	7	0.15	12	0.4325	5.45
	<b>Sub Total</b>					
Nave de Pintado N° 2	Compresor	1	5.59	22	0.4325	53.19
	Lijadora	1	0.22	8	0.4325	0.76
	Reflector	11	0.20	24	0.4325	22.84
	Foco	5	0.15	24	0.4325	7.79
	<b>Sub Total</b>					
<b>Total</b>						174.41

*Fuente: Elaboración propia. Basado en la recomendación de la Guía Peruana de GP 900.200.2007*

**Recomendación:**

Disminución en el consumo de energía eléctrica en horas muertas de trabajo.

Consideremos las horas en las que realmente se consume la energía eléctrica es:

**Nave de pintado #1**

Uso de un compresor de 10 hp por 18 horas al día, abastecedora de 2 máquinas sopladoras de pintura.

Uso de una maquina lijadora de 220 watt por 10 horas al día.

Uso de 12 reflectores de 200 watt por 8 horas diarias.

Uso de 7 focos de 150 watt por 7 horas diarias.

**Nave de pintado #2**

Uso de un compresor de 7.5 hp por 18 horas al día, abastecedora de 2 sopladores de pintura.

Uso de una maquina lijadora de 220 watt por 8 horas al día.

Uso de 11 reflectores de 200 watt por 8 horas al día.

Uso de 5 focos de 150 watt por 7 horas diarias

**Tabla 3.13: Evaluación económica de la reducción del consumo de horas muertas de electricidad**

<b>Lugar</b>	<b>Equipo/ Herramienta</b>	<b>Cantidad (unidad)</b>	<b>Potencia (Kw/unidad)</b>	<b>Consumo (h/día)</b>	<b>Costo Unitario (S./Kw)</b>	<b>Costo Total (S./día)</b>
Nave de Pintado N° 1	Compresor	1	7.46	18	0.4325	58.08
	Lijadora	1	0.22	10	0.4325	0.95
	Reflector	12	0.20	8	0.4325	8.30
	Foco	7	0.15	7	0.4325	3.18
	<b>Sub Total</b>					
Nave de Pintado N° 2	Compresor	1	5.59	18	0.4325	43.52
	Lijadora	1	0.22	8	0.4325	0.76
	Reflector	11	0.20	12	0.4325	11.42
	Foco	5	0.15	12	0.4325	3.89
	<b>Sub Total</b>					
<b>Total</b>						130.10

*Fuente: Elaboración propia. Basado en la recomendación de la Guía Peruana de GP 900.200.2007*



Costo de energía de producción mensual = S/.5232.30

Costo energético mensual (producción) = S/.130.10/día x 30 días = S/. 3903.00

Reducción del consumo de energía = (S/. 174.41/día – S/. 130.10/día) x 30 días / S/. 130.10/día x 30 días = S/. 1329.30 / S/. 3903.00 = 34%

Ahorro económico = S/. 5232.30 /mes – S/. 3903.00 /mes = S/. 1329.30 /mes

Inversión = S/. 0.00

Periodo de recuperación = Inmediato

**Factibilidad:**

No hay costo de inversión, por lo tanto es conveniente su implantación.

**f. Venta de desechos de metal, latas de pintura**

**Situación actual:**

Los desechos sólidos que se obtienen en el área de pintado son producto de la acumulación de los contenedores de pintura y solventes (baldes), que son usados para el pintado de las estructuras, estos se almacenan en un rincón del área de trabajo, para luego ser desechados.

**Recomendación:**

Los envases de pintura generados en el área de pintado deben ser vendidos pues se trata de Hierro (con restos de pintura), una opción será contactarse con una empresa recicladora que desee comprar estos desechos.

**Cálculos y resultados:**

Costo de una lata de chatarra (hierro): S/. 0.50 / Kg

Nº latas de desecho: 458 unidades/ día

Peso de una lata de pintura: 0.11 Kg/unidad

Volumen máximo a almacenar:  $0.0038 \text{ m}^3/\text{unidad} \times 458 \text{ unidades} = 1.74 \text{ m}^3$

Volumen del contenedor:  $1.37 \text{ m} \times 1.06 \text{ m} \times 1.34 \text{ m} = 1.95 \text{ m}^3/\text{unidad}$

Cantidad mínima de contenedores:  $1.95 \text{ m}^3 / 1.74 \text{ m}^3 = 2 \text{ unidades}$

Costo total de las latas de chatarra:  $\text{S/} 0.50/\text{Kg} \times 458 \text{ unidades/día} \times 0.11 \text{ Kg/unidad} \times 30 \text{ días/mes} = \text{S/} 755.70/\text{mes}$

Costo de contenedores:  $\text{S/} 350/\text{unidad} \times 2 \text{ unidades} = \text{S/} 700.00$

Ganancia económica =  $\text{S/} 755.70/\text{mes}$

Inversión =  $\text{S/} 700.00$

Periodo de recuperación =  $\text{S/} 700.00 / \text{S/} 755.70/\text{mes} = 0.93 \text{ meses}$

### **Factibilidad:**

El costo de inversión es mínimo, por lo tanto es conveniente su implantación.

### **g. Máquina lavadora de pistolas y herramientas de pintado**

#### **Situación actual:**

Casi la mayoría de los residuos líquidos de la empresa se encuentra en el proceso de lavado de la maquina sopladora de pinturas ya que este se hace con solvente, encontramos que el residuo líquido lo almacenaban en latas que luego lo botan a la suelo.

#### **Recomendación:**

El desecho líquido generado por el flujo contaminante 1 puede ser recuperado en una máquina de lavado.

- Limpieza automática o semiautomática de pistolas con lavadora especial.
- Las máquinas lavadoras de pistolas de copa ayudan a reducir el tiempo de lavado/limpieza de 10 minutos a aproximadamente 3 minutos. El sistema de depósito de cascada permite la utilización de disolventes usados para la pre limpieza y

disolventes nuevos para la limpieza final. La reducción del consumo de disolvente en comparación con el sistema abierto es de aproximadamente el 80%.

- Con adaptadores especiales para la estación de bombeo, también se pueden limpiar las pistolas airless.

### **Cálculos y Resultados:**

Costo de máquina lavadora de pistolas airless y accesorios de limpieza: S/. 10 185.00

Costo de mantenimiento (2% al año) = S/. 1 018.50/año

Costo del solvente: S/. 3.50/gal x 30 gal/día x 365 días/año = S/.38 325.00/año

Tarifa de mano de obra del pintor: S/ 80.00 / hora

Tiempo total en el lavado de máquinas del operario: 2 lavado/día-nave x 0.3 hora/lavado x 2 nave = 1.2 hora/día

Costo del operario: S/80.00 / hora x 1.2 hora/día x 365 días/año = S/35 040.00/ año

Ahorro económico = 0.80% x S/. 38 325.00/año – S/. 1 018.50/año + S/35 040.00/año  
= S/. 64 681.50/año

Inversión = S/. 10 185.00

Periodo de recuperación = S/. 10 185 / S/. 64 681.50/año = 0.16 años

### **Factibilidad:**

El costo de inversión es bastante viable, por lo tanto es conveniente su implantación.

#### **h. Adquisición de nuevas compresoras**

**Situación actual:**

Actualmente se utilizan compresoras relativamente antiguos (alrededor de 10 años) por lo que su eficiencia ha disminuido considerablemente, lo que implica el consumo excesivo de la energía eléctrica.

Costo de energía de producción mensual = S/.5232.30

**Tabla 3.14: Evaluación económica de la situación actual del consumo de energía de las compresoras**

<b>Lugar</b>	<b>Equipo/ Herramienta</b>	<b>Cantidad (unidad)</b>	<b>Potencia (Kw/unidad)</b>	<b>Consumo (h/día)</b>	<b>Costo Unitario (S./Kw)</b>	<b>Costo Total (S./día)</b>
Nave de Pintado N° 1	Compresor	1	7.46	22	0.4325	70.98
Nave de Pintado N° 2	Compresor	1	5.59	22	0.4325	53.19

*Fuente: Elaboración propia. Basado en la recomendación de la Guía Peruana de GP 900.200.2007*

**Recomendación:**

Adquirir nuevas compresoras que suplanten las antiguas.

**Cálculos y resultados:**

Consumo energético diario en kwh =303.66 kwh

Consumo específico=303.66/1500.8568=0.20kwh por tonelada de acero

El balance de energía eléctrica sólo tenemos energía de entrada puesto que de salida no se puede medir cuanto de energía se pierde puesto que existe por efecto joule donde un conductor pierde energía de forma de calor. No se puede calcular ni la potencia activa ni la reactiva

Entonces nos enfocaremos en la eficiencia del motor en el caso de los compresores.

Por ejemplo ambos compresores tienen una eficiencia de 70% (ya que la energía se pierde por pérdidas eléctricas mecánicas y magnéticas) pero con su antigüedad de 10 años se asume que su eficiencia debe estar alrededor del 60% por lo tanto, una buena inversión sería comprar nuevos compresores que nos significan un ahorro en la eficiencia de pintado

En base a esto escogemos los motores de alta eficiencia cuyas ventajas son:

Menores Pérdidas.

Menor Temperatura de Operación.

Mayor Vida Útil.

Mayor Capacidad de Sobrecarga.

Mejor respuesta ante las variaciones de tensión (menor sobrecalentamiento).

### Primer compresor de 10 hp

El incremento de 1% en la Eficiencia (de 89% a 90%) en un motor de 10 hp que opera a un 80% de factor de carga representaría un ahorro en energía de:

$$\text{Energía 89\%} = (0.746 \cdot 10 \cdot 0.8) / 0.89 = 6.71 \text{kw}$$

$$\text{Energía 90\%} = (0.746 \cdot 10 \cdot 0.8) / 0.90 = 6.63 \text{kw}$$

$$\text{Ahorro energético} = 0.08 \text{ kw}$$

$$\text{En un día} = 22 \text{ horas} \times 0.08 \text{ kw} = 1.76 \text{ kwh}$$

$$\text{En un mes} = 30 \text{ días} \times 1.76 \text{ kwh} = 52.8 \text{ kwh al mes}$$

$$\text{Ahorro en costos} = 52.8 \text{ kwh al mes} \times 0.4325 \text{ S/. / kwh} = \text{S/.} 22.84 \text{ al mes por 1\% de eficiencia}$$

$$\text{Ahorro en costos} = \text{S/.} 22.84 \text{ al mes} \times 30\% / 1\% \text{ de eficiencia} = \text{S/.} 685.20 / \text{mes}$$

$$\text{En nuestro caso tenemos una diferencia de eficiencias } 90 - 60\% = 30\% \text{ de eficiencia}$$

$$\text{Costo de 1 compresor de 10 hp: S/.} 10\,500.00$$

$$\text{Ahorro económico energético} = \text{S/.} 685.20 / \text{mes}$$

$$\text{Costo de Mantenimiento trimestral: S/.} 400.00 = \text{S/.} 133.33 / \text{mes}$$

$$\text{Inversión} = \text{S/.} 10\,500.00$$

$$\text{Periodo de recuperación} = \text{Inversión} / (\text{Ahorro} - \text{Costo})$$

$$= \text{S/.} 10\,500 / (\text{S/.} 685.20 / \text{mes} - \text{S/.} 133.33 / \text{mes})$$

$$= 19 \text{ meses}$$

El costo de inversión es viable, por lo tanto es conveniente su implantación.

### Segundo compresor de 7.5 hp

El incremento de 1% en la Eficiencia (de 89% a 90%) en un motor de 7.5 hp que opera a un 80% de factor de carga representaría un ahorro en energía de:

$$\text{Energía 89\%} = (0.746 \cdot 7.5 \cdot 0.8) / 0.89 = 5.03 \text{kw}$$

$$\text{Energía 90\%} = (0.746 \cdot 7.5 \cdot 0.8) / 0.90 = 4.97 \text{kw}$$

$$\text{Ahorro energético} = 0.06 \text{ kw}$$

$$\text{En un día} = 22 \text{ horas} \times 0.06 \text{kw} = 1.32 \text{kwh}$$

$$\text{En un mes} = 30 \text{ días} \times 1.32 \text{kwh} = 39.6 \text{kwh al día}$$

$$\text{Ahorro en costos} = 39.6 \text{kwh} \times 0.4325 \text{ S/.por kwh} = \text{S/} .17.13 \text{ al mes por 1\% de eficiencia}$$

$$\text{Ahorro en costos} = \text{S/} .17.13 \text{ al mes} \times 30\% / 1\% \text{ de eficiencia} = \text{S/} . 513.90 / \text{mes}$$

$$\text{En nuestro caso tenemos una diferencia de eficiencias } 90 - 60\% = 30\% \text{ de eficiencia}$$

$$\text{Costo de 1 compresor de 7.5 hp: S/} .9 \text{ 200}$$

$$\text{Ahorro económico} = \text{S/} . 513.90 / \text{mes}$$

$$\text{Costo de Mantenimiento trimestral: S/} . 400.00 = \text{S/} . 133.33 / \text{mes}$$

$$\text{Inversión} = \text{S/} .9 \text{ 200}$$

$$\text{Periodo de recuperación} = \text{Inversión} / (\text{Ahorro} - \text{Costo})$$

$$= \text{S/} .9 \text{ 200} / (\text{S/} . 513.90 / \text{mes} - \text{S/} . 133.33 / \text{mes})$$

$$= 24 \text{ meses}$$

El costo de inversión es viable, por lo tanto es conveniente su implantación.



**Tabla 3.15: Ahorro total de las compresoras**

<b>Equipo</b>	<b>Reducción Energética (S//mes)</b>	<b>Costo Mantenimiento (S./mes)</b>	<b>Ahorro Total (S./mes)</b>
Primer compresor	685.20	133.33	551.87
Segundo compresor	513.90	133.33	380.57
Total	1199.10	266.66	932.44

*Fuente: Elaboración propia. Basado en la recomendación de la Guía Peruana de GP 900.200.2007*

### **3.3.4. Evaluación ambiental**

Esta evaluación está destinada a cuantificar el grado de reducción en la generación de emisiones, residuos, efluentes, consumo de energía, consumo de materia prima etc. Con la finalidad de evaluar el impacto ambiental de la oportunidad, para ello, primero se determinó los aspectos ambientales de cada oportunidad identificada y los impactos ambientales correspondientes a cada aspecto ambiental.

**Tabla 3.16: Metodología cualitativa para identificar aspectos ambientales significativos**

N°	Aspecto	Frecuencia	Criterios de Significancia					¿Significativo?	Impacto
			Duración del Impacto	Magnitud del Impacto	Afectación Legal	Costo de Remediación	Efectos en la Imagen		
1	Derrame de pinturas	A	M	B	B	B	B	No	Contaminación de suelos
2	Desplazamiento de equipos y personal	E	B	B	M	M	B	No	Mayor exposición para absorber solventes y provocar accidentes
3	Desperdicio de pinturas durante el pintado	C	M	M	M	B	B	Sí	Contaminación de suelos y ambiental
4	Carencia de protección personal	C	M	M	M	M	A	Sí	Enfermedades Mayor afectación a la exposición de algún accidente
5	Consumo innecesario de energía eléctrica	C	A	B	B	B	B	No	Consumo de recursos naturales
6	Desperdicios de baldes de pintura (hierro)	C	A	M	B	B	M	Sí	Contaminación de suelos y ambiental
7	Efluente del lavado de máquinas	C	A	M	B	B	M	Sí	Contaminación de suelos
8	Maquinaria antigua (compresoras)	C	A	B	B	B	B	No	Consumo de recursos naturales
<b>Significancia: B = Baja M = Mediana A = Alta</b>					<b>Frecuencia: C = Continuo E = Episódico A = Accidental</b>				

*Fuente: Elaboración propia. Basado en la recomendación de la Guía Peruana de GP 900.200.2007*

**Tabla 3.17: Evaluación ambiental**

Naturaleza	Oportunidades Identificadas	Evaluación Ambiental
Buenas Prácticas	Se debe implementar un almacén dentro del área de pintado donde se ubiquen las pinturas donde estén debidamente clasificadas para poder ahorrar tiempo de recorrido.	Reducción de probabilidad de derrame de las pinturas y del impacto de los químicos sobre los operarios.
Buenas Prácticas	Se debe asignar una ubicación única para los equipos y herramientas utilizadas en el área.	Reducción de tiempo perdido por mala ubicación de equipos.
Buenas Prácticas	Capacitación y charlas especializadas en cuanto a técnicas de pintado y concientización respecto a la intención de la empresa de realizar operaciones eficientes, para los operarios y así poder mejorar su eficiencia y poder reducir el desperdicio de pintura.	Reducción del consumo de pintura y de los residuos de pintura a eliminar.
Buenas Prácticas	Implementar en la política de seguridad de la empresa el uso obligatorio del equipo de protección respectivo, como guantes de hule, para cualquier tipo de manipulación con solventes, máscaras con cartuchos (para solventes orgánicos y partículas) y lentes de seguridad. Además, solo permitir el ingreso a las personas que cuenten con el equipo de protección personal completo.	Reducción de probabilidad de adquirir enfermedades ocupacionales.
Buenas Prácticas	Disminución en el consumo de energía eléctrica en horas muertas de trabajo.	Reducción del consumo de energía eléctrica.
Reutilización y Reciclaje	Los envases de pintura generados en el área de pintado deben ser vendidos pues se trata de Hierro (con restos de pintura), una opción será contactarse con una empresa recicladora que desee comprar estos desechos.	Reducción de contaminación del área de trabajo y de probabilidad de generación de accidentes.
Cambio y/o Modificación de Tecnología	El desecho líquido generado por el flujo contaminante 1 puede ser recuperado en una máquina de lavado.	Reducción de consumo de solventes de limpieza y del impacto de los vapores del solvente sobre los operarios.
Cambio y/o Modificación de Tecnología	Adquirir nuevas compresoras que suplanten las antiguas.	Reducción del consumo de energía eléctrica.

### **3.3.5. Selección de oportunidades factibles**

La forma de seleccionar las opciones a implantar se ha realizado en base a una clasificación por puntos, ponderando cada una de las evaluaciones realizadas (técnica, económica y ambiental)

Los criterios importantes se identifican en términos de las metas y limitaciones del programa y las metas y limitaciones corporativas generales.

Estos criterios son:

No es perjudicial para la calidad del producto

Bajos costos de capital

Bajos costos de operación y mantenimiento

Facilidad de Implementación

Reducción de la cantidad de residuos

**Tabla 3.18: Selección de oportunidades factibles**

Criterios de Clasificación	Criterios de cada Opción								
	Peso	1	2	3	4	5	6	7	8
No es perjudicial para la calidad del producto	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Bajos costos de capital	10	9	9	10	8	10	10	8	6
Bajos costos de operación y mantenimiento	9	9	10	10	8	10	10	8	6
Facilidad de Implementación	8	8	10	10	10	10	10	9	10
Reducción de la cantidad de residuos	9	6	4	6	2	2	10	8	2
Total		389	<b>396</b>	<b>424</b>	350	388	<b>460</b>	<b>396</b>	312

*Fuente: Elaboración propia. Basado en la recomendación de la Guía Peruana de GP 900.200.2007*

A partir de la evaluación realizada, las opciones 2, 3, 6 y 7 son las que mayor puntaje han obtenido, por lo tanto, son las más recomendables a implementar, sin embargo las opciones 1 y 4 son recomendables a implementar debido a que afectan la integridad y seguridad del personal trabajador.

## **IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **4.1. Conclusiones**

4.1.1. La empresa se encuentra en un estado crítico por la elevada desorganización y las altas cantidades de residuos que se emiten durante el proceso de producción.

4.1.2. La energía que se gasta utilizando muchos reflectores y focos es innecesaria en algunos casos, puesto que son encendidos de día donde no hay necesidad de hacerlo.

4.1.3. La seguridad de los empleados es un aspecto muy importante en una empresa para el desempeño adecuado del trabajador.

Las emisiones atmosféricas son provocadas en algunos casos por la falta de tacto para tratarlos, la contaminación que provoca podría evitarse con una buena organización de ellos.

4.1.4. La metodología de Producción Más Limpia es una propuesta factible al ser realizable desde el punto de vista técnico, económico y ambiental, y necesaria para lograr un desarrollo sostenible.

4.1.5. Debido a un crecimiento desmesurado y desorganizado, la organización ha desarrollado problemáticas ambientales relacionadas con ineficiencias en su proceso de pintado, los insumos y los energéticos en bienes; a problemas con el manejo de inventarios, de materia prima y su almacenamiento; la capacitación del personal no es adecuada y mal manejo de los residuos generados.

4.1.6. Las oportunidades de implementación en lo que se refiere a las buenas practicas operativas propuestas como opciones de producción más limpia, las cuales son viables económicamente, obtendrá buenos resultados que podrán ser verificados con un mejoramiento en del rendimiento del trabajador y por lo tanto de la operación. Un trabajador bien capacitado podrá realizar un trabajo eficiente en cuanto al uso de recursos y generación de residuos que dependan directamente de él; dando al final un beneficio económico y un menor impacto ambiental negativo.

4.1.7. Las oportunidades de reutilización y reciclaje podrán permitir a la empresa a reducir su impacto ambiental negativo y a la vez obtener un ingreso por la venta de la chatarra.

4.1.8. Las oportunidades de cambio y / o modificación de tecnología permitirán a la empresa a mejorar su rendimiento laboral así como reducir sus impactos negativos.

4.1.9. Las opciones propuestas son técnica, económica y ambientalmente factibles, los costos en los que se incurrirían son relativamente menores y los periodos de retorno son bastante bajos.

## **4.2. Recomendaciones**

4.2.1. La reducción del impacto ambiental se puede obtener en primer lugar con buenos hábitos de trabajo, organización y mejora en la metodología del proceso de producción.

4.2.2. Mediante la implementación de la metodología de Producción Más Limpia, la organización analizada y, extrapolando, las empresas metalmecánicas, obtendrán los siguientes beneficios: optimización de los procesos productivos y ahorro de costos,



mediante la reducción y el uso eficiente de materias primas, energía e insumos en general; mejoramiento de la eficiencia operativa; mejor calidad y consistencia de los productos, debido a un mejor control de las operaciones, haciéndolas más predecibles; reducción de residuos y, por ende, reducción de costos asociados con su correcta disposición, y un aumento en la productividad de los trabajadores por un incremento en la producción por hora de trabajo.

## 5. BIBLIOGRAFÍA

1. Carrillo Martha, Ojeda Vilma, “La Producción Más Limpia una alternativa para el Sector Metalmecánico de las PYMES en Cartagena”, Pagina 1.
2. Sociedad Pública de Gestión Ambiental, “Libro Blanco para la Minimización de Residuos y Emisiones: Pintado Industrial”, Página 44.
3. Sociedad Pública de Gestión Ambiental, “Libro Blanco para la Minimización de Residuos y Emisiones: Pintado Industrial”, Página 49.
4. Sociedad Pública de Gestión Ambiental, “Libro Blanco para la Minimización de Residuos y Emisiones: Pintado Industrial”, Página 65.
5. Concejo Nacional del Ambiente del Perú, “Guía para la Implementación de Producción Más Limpia GP 900 200 2007” (2007), Página 2.
6. Centro de Promoción de Tecnologías Sostenibles de Bolivia, “Guía Técnica General de Producción Más Limpia CPTS-GTPML-GRL-001” (2005), 1° Edición
7. Concejo Nacional del Ambiente del Perú, “Guía para la Implementación de Producción Más Limpia GP 900 200 2007” (2007), Página 6.
8. Castro Gladis, Dextre Edwin, “Producción Limpia en la Era Global” Revista GTECH para Gente Emprendedora (2008) Vol. 6 N° 7 Página 12
9. Concejo Nacional del Ambiente del Perú, “Guía para la Implementación de Producción Más Limpia GP 900 200 2007” (2007), Página 8.
10. Concejo Nacional del Ambiente del Perú, “Guía para la Implementación de Producción Más Limpia GP 900 200 2007” (2007), Página 10.
11. Concejo Nacional del Ambiente del Perú, “Guía para la Implementación de Producción Más Limpia GP 900 200 2007” (2007), Página 11.

## 6. ANEXOS

### ANEXO A

#### Cuestionario inicial de producción más limpia

##### Consumo de agua

En el área de pintado no se consume agua

##### Consumo de energía eléctrica (red)

Número de compresores: 2

Compresor 1: 7.46 kw

Compresor 2: 5.59 kw

Otros:

Maquina lijadora 1: 0.22 kw

Maquina lijadora 2: 0.22kw

12 reflectores :  $0.20 * 12 = 2.4 \text{kw}$

11 reflectores :  $0.20 * 11 = 2.2 \text{kw}$

7 focos :  $0.15 * 7 = 1.05 \text{kw}$

5 focos :  $0.15 * 5 = 0.75 \text{kw}$

Máx. Potencia demandada (total) : 19.89 kW al día

Energía Consumida (total): 303.66 KWh/día

Energía Consumida (total): 110835.9 KWh/año

**Autogeneración** (en el proceso de pintado no existe autogeneración)

**Combustibles** (en el proceso de pintado no usamos combustibles)

**Equipos que generan consumos altos de energía, agua, aire comprimido, energía hidráulica.**

NOMBRE DEL EQUIPO	CAPACIDAD (Kw)
Compresor 1	7.46
Compresor 2	5.59
Maquina lijadora 1	0.22
Maquina lijadora 2	0.22

**Principales productos**

Producto	t/año (aprox)
Estructuras pintadas	547,500 ton/acero

**Preguntas de interés, relacionadas con ecoeficiencia.**

PREGUNTAS	SI	NO
¿Tiene un plan de inversión de nuevas tecnologías previstas en el presente año?	X	
¿Está dispuesto a efectuar cambios de proceso en su empresa?		X
¿Tiene un sistema de costeo operativo al día?	X	
¿Revisa sus procesos productivos en los últimos seis (6) meses?		X
¿Tiene problemas de contaminación la empresa actualmente?	X	

¿Tiene quejas de vecinos?		X
¿Ha recibido anteriormente o espera recibir inspecciones de instituciones del Estado?	X	
¿La empresa estaría en condiciones de invertir para mejorar sus problemas de generación de desperdicios y contaminación ambiental?	X	
¿La construcción de una planta de tratamiento de aguas residuales está incluida dentro de los planes de la empresa?		X
¿Su planta cuenta con el equipamiento adecuado para la seguridad de su personal?	X	
¿La empresa cuenta con un plan destinado al ahorro de energía?		X
¿La empresa recibe asesoramiento en temas de eficiencia energética?		X

Durante el recorrido en la empresa, se hicieron las siguientes preguntas que ayudaron a determinar el estado en que se encuentra la empresa:

**1. ¿Hay signo de malas prácticas de gestión (áreas de trabajo obstruidas o desordenadas, etc.)?**

Sí existen malas prácticas de gestión, observándose entre ellas:

- Los productos finales y en proceso no tienen una ubicación definida en la planta originando una grave obstrucción en la misma, que podría obstaculizar la evacuación del personal en caso de cualquier eventualidad, además de obstaculizar los procesos propiamente dichos.
- Las áreas de proceso no están acondicionadas para un solo proceso, sino que, por el contrario, todas las áreas de trabajo tienen máquinas propias de otro proceso, lo cual

origina un tiempo muerto ya que el obrero tiene que ir de un lugar a otro para traer una máquina necesaria para su proceso.

- Sus residuos sólidos no tienen un lugar específico donde ser depositados, lo que origina que se le coloquen casi en cualquier lugar. Sólo existen algunos tachos pequeños, en estado de oxidación, en el que se colocan los residuos pequeños sin segregación alguna.
- El sistema de cableado de la planta es totalmente peligroso, pues todos los cables se encuentran formando una gran maraña que podría ocasionar un corto circuito.

**2. ¿Hay derrames y fugas evidentes? ¿Hay evidencia de derrames en el pasado, tales como decoloración en paredes, superficies de trabajo, techos y paredes, o tuberías?**

Sí las hay. Existen claras evidencias de derrame, en el pasado y en el presente, de las pinturas empleadas en el suelo que no han sido removidas; también existe una emisión evidente de partículas sólidas (pintura) al ambiente durante la operación de soplado.

**3. ¿Hay contenedores abiertos, tambores apilados u otros indicadores de procedimientos de almacenamiento inadecuados?**

Sí los hay. Tal como se indicó en la pregunta primera, no existe un plan de manejo de materias primas, productos en proceso, productos terminados y desechos sólidos.

**4. ¿Los grifos están goteando o son dejados abiertos?**

No existen instalaciones de agua en el local.

**5. ¿Hay signos de humo o polvo que indiquen pérdidas de material?**

Sólo las pérdidas de pintura, en forma particulada, durante el proceso de soplado.

**6. ¿Hay olores o emisiones extrañas que puedan causar irritaciones a los ojos, nariz o garganta?**

El olor de las pinturas empleadas es lo bastante fuerte como para causar irritaciones a los ojos, nariz o garganta.

**7. ¿El nivel de ruido es alto?**

El ruido provocado por las máquinas cortadoras de metal es muy alto, impidiendo la comunicación fluida entre los obreros, además de dañar los oídos.

**8. ¿Están todos los contenedores rotulados con su contenido y se indica su riesgo?**

No existe un manejo adecuado de los residuos. No existe ningún tipo de codificación por color o por rotulación.

**9. ¿Está el equipo de emergencia (extintores de fuego, absorbentes, etc.) disponible y visible para asegurar una respuesta rápida a un fuego, derrame u otro incidente?**

El equipo de emergencia consta sólo de cuatro extintores que se encuentran ubicados en distintas áreas del local, en un lugar visible.

**10. ¿Está el equipo contra incendios bien mantenido y verificado (una vez al año)?**

No. Incluso estos equipos muestran signos de corrosión media.

- 11. ¿Se usa el quipo de protección personal necesario (gafas protectoras, guantes, mandiles en caso se trabaje con ácidos o cáusticos; botas de seguridad en caso se manipule cargas pesadas, ropa de trabajo adecuada, protectores de ruido)?**

Sí. Todo el personal cuenta con equipo de protección, a saber: guantes, mascarillas, lentes protectores, casco, botas, ropa adecuada y protección sonora.

- 12. ¿Ha notado algún residuo o emisiones fugitivas generadas en los equipos de proceso (agua goteando, vapor, evaporización)?**

Sólo se tuvo acceso al área de pintado de estructuras metálicas; más no así a las otras áreas como de galvanizado. En el área vista no se observó emisiones fugitivas, pero existe la sospecha, dada la situación de la planta, de que éstas existen en las áreas restringidas para nosotros.

- 13. ¿Tienen los empleados algún comentario acerca de las fuentes de residuos o emisiones en la empresa?**

Los empleados se negaron a hacer comentarios respecto a la generación de residuos.

- 14. ¿Están los empleados capacitados y entienden los procesos que ejecutan?**

Tienen dominio del proceso que realizan, dominio adquirido por la experiencia y gracias a algún curso básico estudiado anteriormente.



**15. ¿Qué documentos se están usando? ¿Se recoge información sobre los consumos actuales de materiales, se evalúan estos datos y son usados como base para el control y mejora de la eficiencia?**

No existe control alguno de materias primas o de cualquier otra índole. Razón principal por la que la planta tiene un proceso productivo que dista mucho de ser el óptimo.

**16. ¿Hay instrucciones de trabajo claras relacionadas a las etapas importantes del proceso (encendido de máquinas, parámetros claves de procesos, procedimiento en caso de falla de la maquinaria)?**

Existen instrucciones claras en cuanto al manejo de los equipos, pero éstas no constan en algún manual o documento, son todas empíricas. Por otro lado, no existe un plan de contingencia en caso de una emergencia.

**17. ¿Hay medidores para la energía eléctrica, agua? ¿Se toma lectura y se analiza?**

De energía eléctrica si los hay, pero no de agua. No se lleva un control periódico de la lectura del mismo que permita hacer eficiente el uso de energía.

**ANEXO B****Cuantificación de entradas por día**

OPERACIÓN UNITARIA	INSUMOS		MATERIA PRIMA
	PINTURA (gal/día)	DILUYENTE (gal/día)	ACERO (Tn/día)
Pintado	300	37.5	1500

**Cuantificación de salidas por día**

OPERACIÓN UNITARIA	EFLUENTE SÓLIDO	EFLUENTE GASEOSO 1	EFLUENTE GASEOSO 2	PRODUCTO
	PINTURA* (gal/día)	DILUYENTE (gal/día)	SOLVENTE (gal/día)	ACERO + PINTURA (Tn/día)
Pintado	4.2	37.5	90	1500.8568