



**PRIORIZACIÓN DE OPORTUNIDADES DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA
ENFOCADAS EN AUMENTAR LA EFICIENCIA DEL PROCESO
PRODUCTIVO EN UNA EMPRESA DEL SECTOR METALMECÁNICO,
UBICADA EN TOCANCIPÁ, CUNDINAMARCA PARA MEJORAR SU
DESEMPEÑO AMBIENTAL**

Juan Sebastian Acosta Reyes
Camilo Alejandro Zapata Piñeros

Código: 1902-040

Universidad El Bosque
Facultad de Ingeniería
Programa Ingeniería Ambiental
Bogotá D.C., 2020

**PRIORIZACIÓN DE OPORTUNIDADES DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA ENFOCADAS
EN AUMENTAR LA EFICIENCIA DEL PROCESO PRODUCTIVO EN UNA EMPRESA DEL
SECTOR METALMECÁNICO, UBICADA EN TOCANCIPÁ, CUNDINAMARCA PARA
MEJORAR SU DESEMPEÑO AMBIENTAL**

Código:
1902-040

Trabajo de investigación presentado como requisito parcial para optar al título de:
Ingeniero Ambiental

Director:
Jhon Fredy Arias Duque

Línea de Investigación:
Gestión integral sustentable

Universidad El Bosque
Facultad de Ingeniería
Programa Ingeniería Ambiental
Bogotá, Colombia
2020

Acta de sustentación

Nota de Salvedad de Responsabilidad Institucional

La Universidad El Bosque, no se hace responsable de los conceptos emitidos por los investigadores en su trabajo, solo velara por el rigor científico, metodológico y ético del mismo en aras de la búsqueda de la verdad y la justicia.

Dedicado a:

A mis padres que me brindaron la oportunidad de estudiar una carrera profesional, por ser mi apoyo y punto de partida para lograr mis metas.

A mi hermana por su apoyo, interés y el cariño que me brinda incondicionalmente.

Juan Acosta

A mi madre, porque sus esfuerzos, apoyo incondicional y amor, fueron los que me permitieron lograr estudiar esta carrera profesional, y alcanzar cada una de mis metas propuestas.

A mi hermano, por todo su cariño, apoyo y consejos que me ayudaron a sobrepasar las adversidades, para lograr el éxito.

Camilo Zapata

Agradecimientos

Quiero empezar agradeciéndole a mis padres, por darme la oportunidad de realizar mis estudios universitarios, a mi hermana, amigos y seres queridos por haberme acompañado durante todo mi proceso de formación profesional y brindarme su apoyo durante el desarrollo del presente trabajo de grado. A la Universidad El Bosque por abrirme sus puertas y permitirme ser parte de su comunidad, con el fin de desarrollar mi carrera profesional, del mismo modo a todos los docentes que me brindaron sus conocimientos y experiencia profesional, los cuales, durante el transcurso de mi formación profesional, enriquecieron cada una de mis experiencias, con obstáculos y enseñándome que el trabajo duro trae grandes recompensas.

Juan Acosta

En primera instancia quiero agradecer a Dios, por haberme permitido estar justo donde estoy a portas de culminar una carrera profesional, llenándome siempre de fortaleza, fé y esperanza a pesar de los altibajos que se presentaron. A mí mamá que es mi motor y siempre me ha apoyado, siempre ha estado con mi hermano y conmigo, a aconsejándonos, brindándonos todo su cariño y amor, sin ella esto no hubiera sido posible, su trabajo incansable, sus esfuerzos y la educación que nos regalo es lo que hoy me hace ser quien soy. A mi hermano, que me dio todo su apoyo y ayuda, brindándome todo su conocimiento en muchos aspectos, en donde si no hubiese sido por él, nunca hubiera logrado estar en esta instancia. A mi novia por haberme soportado durante todo este tiempo siendo mi amiga y mi confidente, por haberme regalado toda su paciencia, disposición, conocimientos y todo ese cariño y amor que me ayudó a sobreponerme en los momentos más difíciles. Por último, a mi papá que si estuviese conmigo en estos momentos estaría orgulloso de mi y de estos logros y sé que si desde el cielo lo está. También quiero realizar un sentido agradecimiento a todas las personas que me acompañaron en este proceso familiares, amigos, compañeros y profesores, de quienes aprendí mucho, que me servirán para enriquecerme como persona y como profesional, hacen falta palabras de agradecimiento para todos aquellos que han estado acompañándome durante toda esta etapa de mi vida, no siendo más muchas gracias a todos.

Camilo Zapata

A la empresa por su colaboración y por permitirnos realizar el proyecto en sus instalaciones, y por toda la atención prestada.

Al docente, por brindarnos su apoyo y orientación durante todo el proyecto y su desarrollo y en especial en los momentos cruciales de esta investigación en donde no solo se dejó ver como un docente sino como un amigo, que nos enseñó que el trabajo duro y constante alberga grandes frutos.

A la *Universidad El Bosque* y a los *profesores*, por la formación brindada, los conocimientos y por las experiencias adquiridas y vividas, que nos enriquecieron como personas y como profesionales.

Juan y Camilo

Tabla de contenido

1. Resumen	12
2. Abstract.....	12
3. Introducción.....	12
4. Planteamiento del problema	13
5. Justificación	14
6. Pregunta de investigación.....	15
7. Hipótesis	15
8. Objetivos.....	15
8.1. General	15
8.2. Específicos.....	15
9. Marco de referencia	16
9.1. Estado del arte	16
9.2. Marco teórico	18
9.2.1. Antecedentes de la PML	18
9.2.2. Producción más limpia en Colombia.....	18
9.2.3. Producción más limpia (PML).....	19
9.2.4. Beneficios de la producción más limpia.....	20
9.2.5. Implementación de un programa de PML	20
9.2.6. Casos de éxito	21
9.2.7. Herramientas de PML.....	22
9.2.8. Estrategias de PML.....	23
9.2.9. Industria de manufactura metalmecánica	24
9.3. Marco conceptual	25
9.4. Marco normativo	27
9.5. Marco geográfico	29
9.6. Marco institucional.....	30
10. Metodología.....	32
10.1. Enfoque de investigación.....	32
10.2. Alcance	32
10.3. Técnicas	32
10.4. Objetivo específico 1	35
10.5. Objetivo específico 2	36
10.6. Objetivo específico 3	41

11. Plan de trabajo	43
11.1. Cronograma	43
11.2. Presupuesto	44
12. Aspectos éticos	45
13. Resultados y Análisis.....	45
13.1. Resultados y análisis objetivo específico 1. Realizar un diagnóstico ambiental inicial de la empresa para establecer puntos críticos.	45
13.2. Resultados y análisis objetivo específico 2. Identificar y priorizar oportunidades de producción más limpia para los puntos críticos definidos	78
13.3. Resultados y análisis objetivo específico 3. Formular propuesta de mejora a partir de oportunidades de producción más limpia identificadas en los puntos críticos de la empresa	95
14. Conclusiones.....	104
14.1. Objetivo específico 1	105
14.2. Objetivo específico 2	105
14.3. Objetivo específico 3	106
15. Recomendaciones	106
16. Referencias bibliográficas	108
17. Anexos	118

Lista de Figuras

Figura 1. Planteamiento del problema	14
Figura 2. Línea del tiempo	19
Figura 3. Fases producción más limpia.....	20
Figura 4. Tipos de Ecomapa	22
Figura 5. Clasificación de Estrategias de PML	23
Figura 6. Procesos actualizados típicos en la fabricación de productos de metal.....	25
Figura 7. Localización empresa	30
Figura 8. Metodología del proyecto.....	34
Figura 9. Metodología primer objetivo específico.....	35
Figura 10. Metodología segundo objetivo específico	41
Figura 11. Metodología tercer objetivo específico	41
Figura 12. Fotografías etapa productiva de la empresa	46
Figura 13. Organigrama de la empresa	46
Figura 14. Plano de la empresa metalmecánica	47
Figura 15. Jerarquización de los procesos productivos.....	49
Figura 16. Ecomapa	73
Figura 17. Ecobalance Proceso Bandas de Freno	77
Figura 18. Árbol de problemas	79
Figura 19. Línea de tiempo	103

Lista de Tablas

Tabla 1. Tipos de costos de ineficiencia	23
Tabla 2. Procesos más típicos en la fabricación de productos de metal	24
Tabla 3. Marco Normativo.....	27
Tabla 4. Marco Institucional	30
Tabla 5. Selección de criterios	36
Tabla 6. Desempeño de las alternativas frente a los criterios	36
Tabla 7. Rangos frente a la relación entre el criterio y la alternativa.....	37
Tabla 8. Cálculo CIR (Coeficientes de Importancia Relativa)	37
Tabla 9. Criterios ordenados de mayor a menor	37
Tabla 10. Rangos del criterio 1: Viabilidad técnica para cálculo de CSA.....	38
Tabla 11. Rangos del criterio 2: Viabilidad tecnológica para cálculo de CSA.....	38
Tabla 12. Rangos del criterio 3: beneficios económicos para cálculo de CSA.....	38
Tabla 13. Rangos del criterio 4: Monto de la inversión para cálculo de CSA.....	39
Tabla 14. Rangos del criterio 5: Eficiencia del proceso para cálculo de CSA	39
Tabla 15. Rangos del criterio 6: Reducción de mano de obra para cálculo de CSA	39
Tabla 16. Rangos del criterio 7: Riesgos laborales para cálculo de CSA	39
Tabla 17. Rangos del criterio 8: Riesgos ambientales para cálculo de CSA	39
Tabla 18. Rangos del criterio 9: Disminución de materias primas e insumos para cálculo de CSA	40
Tabla 19. Cálculo CSA (Según el criterio seleccionado).....	40
Tabla 20. Matriz final de coeficientes y selección de alternativa	40
Tabla 21. Ficha programa	42
Tabla 22. Cronograma.....	43
Tabla 23. Presupuesto	44
Tabla 24. Caracterización de Sección de Bandas de freno	49
Tabla 25. Caracterización Sección de Materiales de Fricción	52
Tabla 26. Caracterización Sección de Pastillas de Freno.....	53
Tabla 27. Caracterización Sección de Pintura	55
Tabla 28. Caracterización sección de dados	57
Tabla 29. Caracterización Sección de Recuperación de Aluminio	58
Tabla 30. Caracterización Sección de Fundición e Inyección de Aluminio	60
Tabla 31. Caracterización Sección de Pedales de Encendido	61
Tabla 32. Caracterización Sección de Galvanoplastia	65
Tabla 33. Caracterización Sección de Soldadura.....	69
Tabla 34. Datos de consumo de la empresa	71
Tabla 35. Procesos de consumos ordenados de mayor a menor	72
Tabla 36. Elaboración Bandas de Freno	74
Tabla 37. Alternativa 1 ventajas y desventajas	81
Tabla 38. Alternativa 2 ventajas y desventajas	82
Tabla 39. Alternativa 3. Ventajas y desventajas	83
Tabla 40. Alternativa 4. Ventajas y desventajas	84
Tabla 41. Lista de criterios.....	85
Tabla 42. Análisis de alternativas frente a los criterios	85
Tabla 43. Coeficientes de importancia relativa (CIR)	88
Tabla 44. Criterios ordenados	88
Tabla 45. Criterio 1: Viabilidad tecnológica.....	90

Tabla 46. Criterio 2: Beneficios económicos.....	90
Tabla 47. Criterio 3: Eficiencia del proceso	91
Tabla 48. Criterio 4: Disminución de materias primas e insumos	91
Tabla 49. Criterio 5: Viabilidad técnica.....	92
Tabla 50. Criterio 6. Riesgos laborales	92
Tabla 51. Criterio 7. Monto de la inversión.....	93
Tabla 52. Criterio 8. Reducción mano de obra	93
Tabla 53. Criterio 9: Beneficios ambientales.....	93
Tabla 54. Matriz final de coeficiente	94
Tabla 55. Datos de Referencia de la empresa	96
Tabla 56. Datos maquinaria	97
Tabla 57. Situación real y Situación ideal. Fuente: Elaboración de autores,2020.	98
Tabla 58. Valoración ambiental y económica del proyecto.....	99
Tabla 59. Ahorros	101
Tabla 60. Viabilidad del proyecto.....	102
Tabla 61. Ficha propuesta	104

Lista de Gráficas

Gráfica 1. Importancia de criterios.....	89
--	----

Lista de Siglas

PML: Producción Más Limpia

1. Resumen

El propósito de este trabajo es el de la elaboración de una propuesta de Producción más limpia, a través de alternativas que se adapten a las necesidades de la empresa metalmeccánica en donde se realizó el estudio. Por medio de una metodología paso a paso se evaluó de esta forma la viabilidad técnica, económica y ambiental de esta propuesta brindando la información necesaria para su posible implementación. Encontrando de esta manera como principales resultados que el punto más crítico de la empresa es el proceso de bandas para freno, proceso que cuenta con una eficiencia del 79%, y es aquí en donde se propone la adopción de un nuevo sistema de rectificado para mejorar la eficiencia del proceso al simplificar dos etapas del proceso en una etapa, logrando una reducción del 8% en todos los consumos de agua, energía, materia prima y demás que se dan en el proceso.

Palabras clave: Producción más limpia, eco-eficiencia, costos de ineficiencia.

2. Abstract

The purpose of this work is to develop a proposal for Cleaner Production, through alternatives that adapt to the needs of the metalworking company where the study was carried out. Thus evaluating the technical, economic and environmental feasibility of this proposal by providing the necessary information for its possible implementation. Finding in this way as main results that the most critical point of the company is the process of brake belts, a process that has an efficiency of 79%, and this is where it is proposed to adopt a new grinding system to improve the efficiency of the process by simplifying two stages of the process in one stage, achieving an 8% reduction in all consumptions that occur in the process.

Keywords: Cleaner production, Eco-efficiency, inefficiency costs, good practice

3. Introducción

Con el paso de los años la preocupación por el medio ambiente se ha venido acrecentando todo esto con el fin de tratar de evitar diferentes daños ambientales en los que el mismo ser humano ha hecho partícipe, fomentando o propiciando diferentes acciones que buscan satisfacer las necesidades y ambiciones de este, alterando los procesos dinámicos naturales que han acelerado el deterioro del medio natural en el que se encuentra, afectando no solo al entorno sino que también al mismo ser humano.

Una de los principales agentes involucrados en este deterioro ambiental en el que nos vemos inmersos recae en los diferentes sectores industriales, que a medida que las necesidades del ser humano evolucionan también lo hacen las industrias en sus diferentes procesos productivos, lastimosamente y en muchos casos estas industrias terminan evolucionando sin innovar, lo anterior acarrea que las industrias en su afán de “evolucionar” empleen el uso excesivo de recursos naturales como materia prima, que en muchos casos no es tratada una vez es sometida a los diferentes procesos industriales, dejando a su paso grandes trazas de contaminación.

Los diferentes daños ocasionados por las industrias han provocado a la creación de organizaciones o entes ya sean nacionales, regionales, gubernamentales o internacionales. En donde muchas de estas organizaciones se encargan de levantar normas y sanciones de tipo económicas con el propósito de propender la protección ambiental.

Por esta razón surgen conceptos como lo son el de Producción más limpia, en el cual se busca promover las Buenas prácticas, la eficiencia de las empresas que la aplican y la reducción en costos, en recursos naturales empleados en los procesos y en materias primas. Todos estos beneficios de la producción más limpia incentivan comportamientos que pretenden la prevención ambiental que aplicada de forma directa a los procesos de producción, productos o servicios puedan llegar a reducir impactos negativos para la salud humana y el ambiente que surgen de inadecuadas prácticas de producción (Cárdenas & Cortez, 2017).

El sector metalmecánico genera el 15% de los empleos industriales del país y aportan más del 10% de la recaudación de tributos por parte del distrito, del cual aproximadamente el 65% corresponde a las microempresas dedicadas a la transformación del metal en bienes de uso cotidiano (Rodríguez & Neira, 2017). Así mismo esta industria genera grandes cantidades de residuos, que se traducen en notables impactos ambientales en sus diferentes componentes (Fundación Entorno, Empresa y Medio Ambiente, 1998).

Finalmente, en el presente trabajo se buscará el diagnóstico de estado actual de la empresa para la elaboración de una propuesta en la que se adopte y aplique el concepto de producción más limpia en cada uno de los procesos productivos para la empresa. Junto con sus respectivas caracterizaciones de las diferentes áreas que presenta la empresa, para identificar y priorizar alternativas ecoeficientes que propendan la mejora continua de las falencias que se presentan en cada uno de los procesos llevados a cabo en la empresa metalmecánica.

4. Planteamiento del problema

La Industria metalmecánica, se dedica principalmente a l diseño y elaboración de productos con altos a base de metales puros o aleaciones, en donde si se desea concebir la cadena productiva de este sector es importante establecer que esta parte desde la actividad minera, siendo la extracción la principal actividad de obtención de metales (CNPML, 2007). También se destacan dentro de los procesos de obtención de metales el reciclaje de los mismos a través de la chatarra, objetos que han dejado de funcionar o simplemente son obsoletos pero que en su interior se componen por partes metálicas, esta chatarra es transformada en las siderúrgicas, a través de procesos de fundición, hasta lograr formas laminares básicas para posteriormente llevarlas a las metalmecánicas, para someter dichas láminas a procesos como lo son el corte, el maquinado y el acabado, característicos de la industria metalmecánica, para así obtener el producto final, bajo las especificaciones requeridas(CNPML, 2007). En el país el sector metalmecánico se encuentra organizado bajo las agremiaciones más importantes del sector, contando con cerca de 1.500 empresas que generadoras de empleos de calidad (Torres, García, Rodríguez, 2015). Es uno de los sectores más representativos del mercado al presentar cerca del 13% del PIB industrial del país (Torres, García, Rodríguez, 2015).

El principal problema de esta industria es que, pese a que estas empresas pertenecientes a este sector brindan beneficios para la economía local, regional e incluso internacional, también generan gran parte de los problemas ambientales actuales, esto debido los procesos productivos que son llevados a cabo en esta industria. Procesos que requieren de una gran demanda de materias primas, y recursos naturales, que generan múltiples focos de contaminación, cualquier tipo de residuos, los cuales son traducidos en impactos que repercuten en el ambiente, siendo estas las principales razones de que se adelanten iniciativas de producción más limpia al interior de una empresa, ya sea para reforzar o establecer sistemas

de gestión ambiental al interior de una empresa, fortalecer y mejorar procesos productivos y demás factores que promueven la aplicación de iniciativas de producción más limpia, todo esto con el fin de dar valor al componente ambiental como estrategia de competitividad y factor diferenciador a niveles productivos. Resaltando los múltiples beneficios ambientales, económicos y sociales que trae la adopción de estas iniciativas de producción más limpia a nivel organizacional.

La empresa metalmecánica es una empresa Colombiana fundada en 1985 la cual hace parte del sector metalmeccánico, fundamentado en la fabricación de partes para motocicletas, entre 1982 y 1983 se restringió las importaciones de partes de motocicletas lo que permitió que la producción de estos productos se consolidara a nivel nacional, la empresa metalmeccánica comercializa con productos dentro de las categorías de frenos, maniguetas, bases de espejo, reposapiés, ejes, varillas de frenos, tornillos, resortes, pedales, entre otros, a la fecha la empresa metalmeccánica cuenta con un laboratorio dentro del cual realizan análisis de las partes de motocicletas con el fin de ofrecer un mejor servicio. Pero a pesar de esto la empresa no cuenta con una propuesta definida de Producción más limpia, aunque dentro de los valores de la empresa tienen en cuenta el factor ambiental, es primordial que se reevalúen la manera en la que se llevan a cabo los procesos, con el fin de mejorar en los mismos y poder encontrar un balance entre su productividad y los impactos generados al ambiente, evitando así las diferentes sanciones ambientales que se podrían presentar, además de robustecer las políticas ambientales de la empresa.

Figura 1. Planteamiento del problema



Fuente: Elaboración de autores, 2020.

5. Justificación

Un sistema de producción más limpia para una empresa brinda un estatus sobre las demás empresas, debido a que les permite a las empresas tener un desempeño ambiental más relevante, con el que pueden cumplir con la normatividad estipulada para cada sector industrial.

Para la empresa metalmeccánica, una propuesta de producción más limpia es relevante para mejorar sus condiciones o características socio ambientales, puesto que pauta los medios por los cuales se puedan llevar a cabo buenas prácticas dentro de los procesos y de este modo darse a conocer a la competencia,

clientes y demás empresas de diversos sectores tanto locales como internacionales y de este mismo modo volverse más competitivos.

Al formular esta propuesta de producción más limpia se verán beneficiados en primera instancia, la empresa metalmecánica, puesto que primero que todo permite disminuir costos, ya que brinda bases o métodos por los cuales, reconocer el uso de los recursos y sus deficiencias, llevar a cabo los diferentes objetivos o metas propuestas dentro de la empresa.

Como Ingenieros Ambientales brindaremos a la empresa una propuesta en la que se contempla una alternativa definida y concreta, dirigida hacia un proceso productivo establecido del área de producción, y que busca la mejorar el proceso a través de la mejora de la eficiencia, también se resalta que para llegar a esta instancia se llevó a cabo un proceso de selección y evaluación de alternativas todas contempladas en pro de mejorar la eficiencia del proceso productivo identificado.

6. Pregunta de investigación

¿Como las oportunidades de producción más limpia identificadas en el proceso de fabricación de bandas para frenos de motocicletas llevadas a cabo por la empresa metalmecánica, contribuyen a mejorar el desempeño ambiental de la empresa?

7. Hipótesis

Las oportunidades de producción más limpia identificadas en la empresa metalmecánica, generaran mejoras tanto en el desempeño ambiental como en los beneficios ambientales, económicos y productivos para la empresa.

8. Objetivos

8.1.General

Priorizar oportunidades de producción más limpia en la empresa metalmecánica, para mejorar el desempeño ambiental de la empresa y elevar su competitividad

8.2.Específicos

- ✓ Realizar un diagnóstico ambiental inicial de la empresa para establecer puntos críticos.
- ✓ Identificar y priorizar oportunidades de producción más limpia para los puntos críticos definidos.
- ✓ Formular propuesta de mejora a partir de oportunidades de producción más limpia identificadas en los puntos críticos de la empresa.

9. Marco de referencia

9.1. Estado del arte

Estudios Internacionales

Severo, E. ; Ferro, J. ; Henri, E. & Nodari, C. (2015). *Cleaner production, environmental sustainability and organizational performance: an empirical study in the Brazilian Metal-Mechanic industry. Journal of Cleaner Production, Volume (96), Pages 118-125.*

El estudio expone la relación entre los conceptos de producción más limpia, sostenibilidad ambiental y desempeño organizacional en 298 empresas del sector automotriz metalmecánico en Brasil. En donde las tres hipótesis planteadas “La producción más limpia está positivamente relacionada con la sostenibilidad ambiental”, “La sostenibilidad ambiental está positivamente relacionada con el desempeño organizacional” y “La producción más limpia se relaciona positivamente con un mejor desempeño organizacional” son confirmadas a partir de procedimientos metodológicos de análisis estadístico. Las cuales demostraron que una producción más limpia puede generar beneficios ambientales que contribuyan a la generación de prácticas ambientales para la empresa.

Telukdarie, A. ; Buckley, C. & Koefoed, M. (2006). *The importance of assessment tools in promoting cleaner production in the metal finishing industry. Journal of Cleaner Production, Volume (14), Pages 1612-1621*

El documento muestra las diferentes iniciativas de producción más limpia que se pueden implementar en empresas que se encuentren enfocadas en la industria del metal, en la etapa de galvanoplastia, ya que puede llegar a generar diferentes desechos químicos que se pueden considerarse peligrosos. En donde las iniciativas consisten en desarrollar modelos como el modelo de Flemming, el cual se basa en el principio de operación de la unidad / equilibrio de masa. Donde necesita datos que se adjuntan en tablas para suministrar la información de consumo de químicos y agua, de mantenimiento de los baños de proceso, de residuos peligrosos y tratamiento de aguas residuales. Con la finalidad de obtener un gráfico que indique las posibles mejoras que se pueden implementar en cada etapa productiva de la empresa.

Oliveira, J. ; Lopes, D. ; Devós, G. ; Filho, M. ; Alves, A. ; Esposto, K. & Ometto, A. (2019) *Cleaner Production practices, motivators and performance in the Brazilian industrial companies. Journal of Cleaner Production, Volume (231). Pages 359-369*

La investigación consistió en realizar encuestas a 208 empresas industriales para evaluar los motivos que impulsan a lograr una producción más limpia en estas empresas. En donde se evaluó la influencia de las presiones institucionales frente a la aplicación de prácticas de producción más limpia. Por lo que se encontró que el desempeño económico, operativo y ambiental se afecta positivamente por la aplicación de prácticas de producción más limpia, las cuales se encuentran respaldadas por las presiones ejercidas por las organizaciones. Adicionalmente estas presiones son importantes para que se logre la adopción de

las prácticas de producción más limpia. Ya que, las presiones del mercado son importantes para lograr mejorar en los procesos de producción y de los diseños de productos.

Estudios Nacionales

Hoof, B. v., Monroy, N., & Saer, A. (2008). Producción más Limpia: Paradigma de la gestión ambiental. Alfaomega. Pag 41-151

En este libro se muestra de qué forma es posible cambiar el paradigma de una práctica empresarial convencional o común, por una donde es posible integrar una nueva concepción de gestión ambiental, muestra los elementos de la producción más Limpia, diseñados para ser implementados en empresas de Latinoamérica, siendo como base principal fortalecer la competitividad empresarial y reducción de costos, entre otros aspectos. En este libro se separan por capítulos todos los elementos de la producción más Limpia, con la finalidad de permitir el fortalecimiento de la investigación y capacitar a profesionales y estudiantes que estén involucrados con el desarrollo del sector empresarial y ambiental.

Monroy, E. ; Peña, C. & Cortès, G. (2019). Estrategias de producción más limpia –PML: caso aplicado a la industria de curtiembre. Revista producción + limpia, Volumen (14), Pag 61-75.

El estudio consistió en analizar el sistema de producción de una curtiembre para la formulación de estrategias de producción más limpia para la empresa. Debido a que esta actividad industrial es la principal responsable de la contaminación del río Bogotá. Por ello se analiza el sistema actual de producción de la empresa a partir de un diagrama para conocer los procesos y un balance de masas para cuantificar los posibles beneficios económicos que se pueden obtener al momento de mejorar el sistema productivo. Finalmente, se determinó que la aplicación de estrategias de PML logra ahorrar un 52% en el consumo agua, reduce el 75% de residuos sólidos y reduce el 73% de uso de químicos para el curtido, por lo que las estrategias permitieron la transformación del sistema inicial ya que redujo el volumen de agua utilizado junto con la disminución de vertimientos tóxicos al río Bogotá.

Bernal, A. ; Beltrán, C. & Márquez A. (2016). Producción Más Limpia: Una revisión de aspectos generales. Revista I3+, 3(2), 66 - 84 p.

El artículo evidencia los aspectos básicos de la producción más limpia como una estrategia preventiva para los procesos productivos de una empresa para lograr que sean más eficientes al momento de utilizar sus materias primas o de recursos naturales. Donde se concluyó que la producción más limpia puede disminuir el impacto ambiental que se genera por diferentes sistemas productivos. Por lo que es necesario plantear actividades que impulsen y promuevan las buenas prácticas que conllevan beneficios sociales, ambientales y económicos.

9.2. Marco teórico

9.2.1. Antecedentes de la PML

Las problemáticas ambientales surgen a mediados del siglo XIX con la Revolución industrial. Pero es en los años 60 es en donde se atenúa la preocupación por las repercusiones generadas al ambiente, en 1962 Rachel Carson en su libro primavera silenciosa relata como la utilización de agroquímicos estaba generando serias consecuencias al ambiente (Intriago, 2011). En 1980, el primer ministro Noruego Gro Harlem Brundtland introdujo el término “desarrollo sostenible” para afrontar los desafíos futuros del planeta (Intriago, 2011).

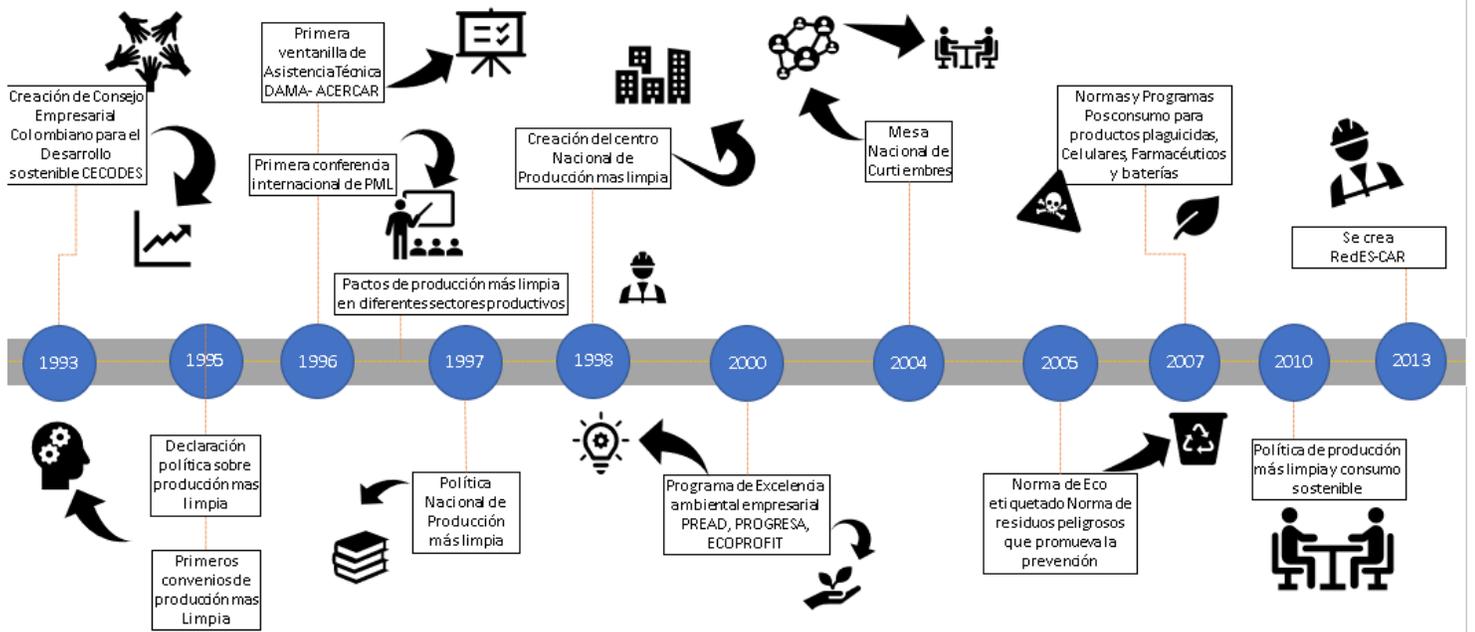
Pero es a finales de los años 80's e inicios de los años 90's las agencias ambientales de Estados Unidos y Europa reconocieron la necesidad de poder buscar alternativas que contribuyan al desarrollo industrial enfocadas principalmente a la contaminación producto de la generación de residuos derivados de procesos y subprocesos industriales. Dando como resultado la creación del concepto de Producción más limpia para estas décadas. Estas alternativas podrían incurrir en varios aspectos relevantes para las industrias como reducción de costos productivos con un análisis sistémico de las fuentes (Fajardo,2017).

Las medidas ambientales llevadas a cabo en la antigüedad representaban sistemas de tratamiento al final del tubo (end of pipe), esto representaba enormes consecuencias medio ambientales, y a su vez un alza en los costos de operación de las industrias (Paredes, 2014).Pero con el desarrollo del concepto de producción más limpia se busca ir sobre del tubo (over pipe), para prevenir repercusiones ambientales y económicas (Fajardo,2017).

9.2.2. Producción más limpia en Colombia

Los inicios de la PML en Colombia se dan a mediados de los años 90's, en donde el ministerio de medio ambiente de aquel entonces con el fin de promover robustecer la normativa ambiental colombiana y a su vez de mejorar el desempeño ambiental de diferentes sectores industriales del país a diferentes escalas tanto nacional como internacional. Desde el año 1991, con el desarrollo de la para esa entonces nueva constitución política colombiana se dan mecanismos legales y normativos para asegurar la protección ambiental, posteriormente para los años de 1994 a 1998, se gestiona por primera vez el concepto de Producción más limpia como parte principal del Plan Nacional de Desarrollo de ese entonces (Van Hoof, 2007). Pero es hasta 1997, donde Colombia adopta su primer Política Nacional de Producción más Limpia (Van Hoof, 2007). A continuación, se podrá observar cómo ha sido la evolución de la producción más limpia en el país.

Figura 2. Línea del tiempo



Fuente: Adaptado por de autores, 2020. Tomado de: Van Hoof, 2007.

En cuanto a la Política Nacional de Producción más limpia desarrollada en el año 1997, esta busca fortalecer el sector ambiental, a través de diferentes normativas que busquen la calidad ambiental incorporando la producción más limpia como eje e instrumento económico para el desarrollo nacional (Van Hoof, 2007).

9.2.3. Producción más limpia (PML)

La Producción más limpia es una forma en la cual las diferentes políticas tanto estatales, regionales, locales e Industriales convergen para lograr un desarrollo económico, ecológico y social. Es por esto que el programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y el programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial han venido trabajando para introducir el concepto de Producción más limpia o por sus siglas (PML), en países en vías de desarrollo o en transición (UNEP, 2006). Según Varela (s.f) el PNUMA , establece la siguiente definición para el concepto de Producción más limpia *“La Producción más limpia es la aplicación continua de una estrategia ambiental, preventiva e integral a los procesos, productos y servicios con el objetivo de reducir riesgos al ser humano y al ambiente”*

9.2.4. Beneficios de la producción más limpia

Dentro del desarrollo y aplicación de la producción más limpia podemos encontrar notables beneficios principalmente enfocadas en enfrentar la contaminación de manera preventiva a través de mejoras sustanciales pero significativas a la calidad de los procesos, productos y servicios (Muñoz & Camacho, 2015).

En donde la PML tiene como principal objetivo la Optimizar el uso de los recursos naturales y las materias primas para aumentar la eficiencia energética y utilizar fuentes energéticas más limpias, además de Prevenir, minimizar y corregir la generación de contaminantes, asimismo se busca el aprovechamiento de los residuos generados (Muñoz & Camacho, 2015). De tal manera que se pretenda compensar los impactos ambientales sobre la población y los ecosistemas. Por último, la PML promueve la adopción tecnologías más limpias y prácticas de mejoramiento continuo de la gestión ambiental (Muñoz & Camacho, 2015).

9.2.5. Implementación de un programa de PML

Dentro del marco de la gestión ambiental empresarial existen dos conceptos de enorme relevancia para mejorar el desempeño ambiental de una empresa, el concepto sistema de gestión ambiental bajo la aplicación de la norma de ISO 14001, y desde luego el concepto de Producción más limpia (Rojas, 2011). Por otro lado, se puede decir que la gestación de un programa de Producción más limpia abarca a grandes rasgos seis fases, las cuales se representan en la siguiente imagen (RedES-CAR, 2015).

Figura 3. Fases producción más limpia



Fuente: Adaptado por autores, 2020. Tomado de: RedES-CAR, 2015.

La Producción más Limpia está orientada a procesos productivos, productos y servicios, es una estrategia empresarial enfocada en fortalecer la competitividad empresarial, por medio de innovaciones tecnológicas, reducción de costos y disminución de riesgos en diversos aspectos. Por medio de la implementación de Producción más Limpia se fortalece la posición competitiva de las empresas ya sea por medio de la diferenciación por precio, producto y/o servicio (Hoof, Monroy, & Saer, 2008).

En la Producción más Limpia existen herramientas ambientales las cuales se pueden clasificar en tres grupos principales, dependiendo de su función, del tipo de resultados que obtienen y de la parte del proceso productivo que analizan, al realizar esta clasificación es más fácil la selección de las herramientas para su utilización (Hoof, Monroy, & Saer, 2008).

Se pueden utilizar diferentes herramientas de forma complementaria y algunas herramientas hacen parte de otras, estas herramientas se usan con diferentes objetivos y funcionan a distintos niveles (Hoof, Monroy, & Saer, 2008).

9.2.6. Casos de éxito

La implementación de la producción más limpia como estrategia para mejorar la eficiencia de una empresa a nivel de productos, procesos y servicios, ha demostrado traer notables beneficios. Este es el caso de la empresa colombiana Cerámicas Granito de Oro Limitada, ubicada en la vereda Mochuelo Bajo, Bogotá. Esta empresa dedicada a la fabricación y venta de productos de arcilla para la construcción, gracias al mejoramiento del sistema de dosificación de carbón por micronizado lograron obtener un tamaño de partícula no superior a 90 micras, logró mejorar la calidad de los productos en un 90%, al mejorar la quema de los ladrillos, la fracción de carbón inquemado y el material particulado en las vagonetas, ahorrando 40 millones de pesos en un año, a partir de una inversión de 168 millones de pesos, con un tiempo de retorno de inversión de 4 años, logrando de esta forma evitar emisiones de 418.244 Kg CO₂ al año, ahorrando 165 ton/año de materia prima y evitar 49.5 ton/año de material particulado (RedES-CAR, 2015).

SUMIMAS S.A.S, Ubicada en Km 1.5 Autopista Medellín parque empresarial San Bernardo Bdg. 5, Cota, dedicada a proveer suministros tecnológicos para oficinas, en donde a través de un programa de control de inventarios para disminuir el volumen de mercancías no conformes, por su baja rotación y vencimiento. Consiguieron reducir la cantidad de residuos peligrosos generados en 2 Ton/año, A partir de una inversión inicial de 16.250.000 millones de pesos, en donde la empresa logra ahorrar hasta 9.604.525 millones de pesos, y es posible el retorno de la inversión en un periodo de 2 meses (Ramírez, s.f).

Por último, la empresa PROSARC, ubicada en Mosquera Cundinamarca gracias a la implementación de su programa de Uso de aguas residuales tratadas en el sistema de enfriamiento de gases del proceso de incineración de residuos, ahorraron hasta 6.650 m³/año en agua, a partir de una inversión Inicial de 2.5 millones de pesos, lo que representó para la empresa ahorros económicos de hasta 41.4 millones de pesos al año, en donde el retorno de la inversión se dio en 1 mes (Velasco, s.f).

9.2.7. Herramientas de PML

Existen diferentes tipos de herramientas de producción más limpia que ayudan a cuantificar y a describir el estado actual en el que se encuentra una organización. Con el propósito de encontrar áreas que sean críticas y necesiten una acción inmediata para mejorar los costos y la producción del producto.

Ecomapa

Un ecomapa es una herramienta de diagnóstico de tipo cualitativo (Garzón & Gutiérrez, 2016), que permite analizar e identificar las áreas que presentan problemas ambientales, tales como: consumo excesivo de agua, energía, generación de emisiones al aire y generación de residuos sólidos o peligroso (Rodríguez, 2017).

Para la elaboración del ecomapa es necesario contar con un mapa de la distribución de la empresa, para identificar mediante observación crítica las áreas que presenten grandes consumos desperdicios o emisiones. Donde se obtiene un plano con los resultados esquematizados de lo observado para establecer las áreas que se deben priorizar (Rodríguez, 2017).

Figura 4. Tipos de Ecomapa



Fuente: Adaptado por los autores, 2020. Tomado de: Hoof et al, 2008.

Costos de ineficiencia

Es una herramienta que identifica los costos producidos por la deficiencia en los procesos productivos tales como la generación de residuos, la deposición de estos y la pérdida de materiales ya que pueden generar costos adicionales a la empresa (Restrepo, 2008). Donde el análisis de costos de ineficiencia pretende minimizar los costos para maximizar los beneficios (Restrepo, 2008).

Tabla 1. Tipos de costos de ineficiencia

COSTOS DE INEFICIENCIA	DESCRIPCION DEL GASTO
Manejo ambiental	-Mano de obra: dedicada al Manejo de desperdicios, reparación y compensación ambiental. -Infraestructura: destinada al almacenamiento y disposición de desechos -Imagen negativa: por el mal manejo ambiental. - Pago de multas: costo generado por el pago de multas o tasas retributivas por sanciones de la autoridad ambiental.
No calidad	-Perdidas de materia prima - Hora maquina y mano de obra: requerida para producir bienes no comercializables o que no cumplen con los estándares de calidad
Costos de oportunidad	-No reutilización ni comercialización de residuos - Ventas no realizadas - Equipo y maquinaria instalado que no es aprovechado

Fuente: Restrepo, 2008.

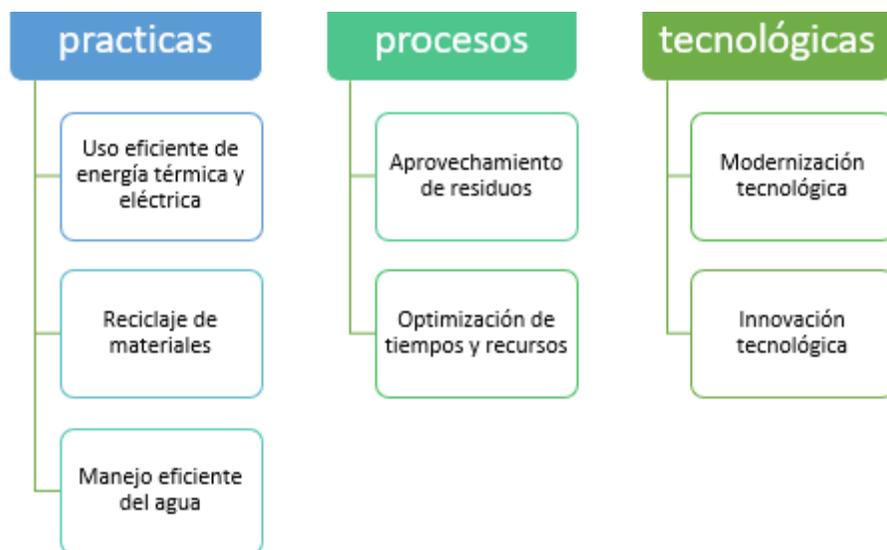
Análisis multicriterio

El análisis multicriterio es una herramienta de apoyo en la toma de decisiones para evaluar alternativas y elegir un curso de acción (Tobón,2013). Donde se obtiene una apreciación global de las variables que interactúan en conjunto para la obtención de una visión general de la información (Giraldo & Álzate ,2016).

9.2.8. Estrategias de PML

Para lograr un programa de producción más limpia se debe optimizar y plantear estrategias frente a los procesos operativos de la empresa. Los cuales ayuden a minimizar el consumo de recursos y generación de contaminantes sin afectar la calidad del producto fabricado. Por lo que existen diferentes estrategias que pueden llegar a ser adoptadas según la necesidad y alcance que tenga la empresa que lo desee implementar.

Figura 5. Clasificación de Estrategias de PML



Fuente: Adaptado por autores, 2020. Tomado de: RedES-CAR, 2015.

- **Buenas prácticas:** Consiste en establecer medidas de ahorro que prevengan la pérdida de insumos o recursos que mejoren el desempeño de la empresa (Manual de producción más limpia para el sector salud,2006).
- **Cambios en el procedimiento:** Consiste en plantear mecanismos que propendan a la generación de residuos (Manual de producción más limpia para el sector salud, 2006).
- **Mejoras de tecnología:** Cambios de la maquinaria y equipos que presenten deficiencia en el ámbito ambiental, por equipos que propendan a la reducción de cargas contaminantes, consumo de insumos y energía (Manual de producción más limpia para el sector salud, 2006).

9.2.9. Industria de manufactura metalmecánica

La empresa pertenece al sector metalmecánico, uno de los sectores industriales que impulsa el crecimiento de las industrias manufactureras de países que se encuentren en vía de desarrollo (Trujillo & Iglesias, 2012). Debido a que el metal y sus aleaciones son los insumos para el manejo de bienes en el capital productivo (MetalMind, 2017). Donde sus actividades productivas consisten en la transformación y el tratamiento del metal para la fabricación de productos metálicos en maquinaria o en construcción de equipos (Intriago ,2011).

La fabricación de productos de metal se divide en tres procesos para su elaboración: conformación de metales, preparación de superficies y acabado de superficies (US EPA, 1992). Donde existen diferentes subprocesos y combinaciones para la obtención del producto deseado. Por lo que en la Tabla 2 se evidencian los procesos más típicos en la fabricación de productos de metal junto con la descripción de posibles desechos que se podrían generar en cada proceso.

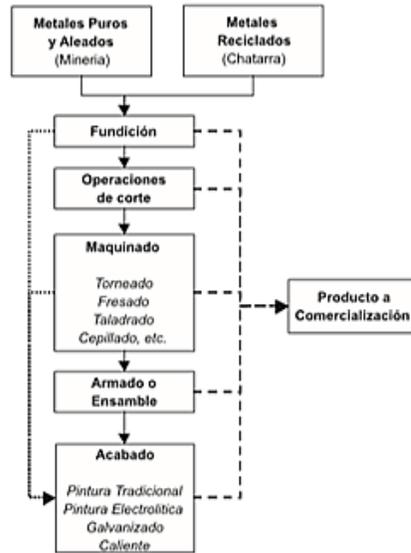
Tabla 2. Procesos más típicos en la fabricación de productos de metal

Proceso típico	Operación	Desechos generados
Conformación de metales	Mecanizado	<ul style="list-style-type: none"> • Desechos ácidos/alcalinos • Metales pesados • Desechos de solventes • Aceites
Preparación de superficies	Limpieza a base de solventes	<ul style="list-style-type: none"> • Desechos ácidos/alcalinos • Desechos de solventes
	Tratamiento térmico	<ul style="list-style-type: none"> • Desechos ácidos/alcalinos • Desechos de cianuro • Aceites • Metales pesados
Acabado de superficies	Galvanoplastia	<ul style="list-style-type: none"> • Desechos ácidos/alcalinos • Desechos de cianuro • Metales pesados • Aguas residuales • Desechos de reactivo
	Terminado de superficie	<ul style="list-style-type: none"> • Desechos de pintura • Desechos de solventes • Metales pesados
	Limpieza de instalaciones	<ul style="list-style-type: none"> • Desechos de solventes

Fuente: Adaptado por los autores, 2020. Tomado de: US EPA, 1992

Adicionalmente en la siguiente figura se puede observar la descripción de otro proceso metalmeccánico más actualizado y de manera clara sobre las etapas dentro de los procesos típicos de fabricación de productos de metal.

Figura 6. Procesos actualizados típicos en la fabricación de productos de metal



Fuente: Producción más Limpia: CNPML, 2007

Se debe minimizar y prevenir la generación de los residuos provenientes del sector metalmeccánico, ya que se deben adoptar estrategias que se dirijan a la prevención y el aprovechamiento de los residuos junto con la gestión adecuada de estos mismos. Para lograr un mejoramiento que sea continuo en cada uno de los procesos y actividades con la finalidad de obtener beneficios tributarios y de un reconocimiento en el mercado (Alcaldía mayor de Bogotá, 2010).

9.3. Marco conceptual

Buenas prácticas operativas: “Son medidas orientadas a prevenir pérdidas de insumos o recursos, minimización de residuos, ahorro de agua, energía y mejoramiento de la institución. Estas acciones voluntarias se pueden aplicar con el objetivo de Racionalizar, Reducir, Reutilizar y/o Reciclar” (Secretaría Distrital de Ambiente, S.F, pág. 18).

Buenas prácticas de Manufactura: “Las Buenas Prácticas de Manufactura (BPM) son recetas sencillas que brindan alternativas a procedimientos de trabajo críticos que generan ineficiencia, bajas en la productividad, y contaminación en los procesos productivos” (Hoof, Monroy, & Saer, 2008, pág. 143).

Cambios en procedimientos: “Establece mecanismos en los que la prestación del servicio se puede adelantar de manera eficiente previniendo la generación de residuos (sólidos y líquidos), sin disminuir la calidad del servicio” (Secretaría Distrital de Ambiente, S.F, pág. 19).

Ciclo de vida: “Procesos que un producto necesita para cumplir con la función especificada por la unidad funcional. Las etapas del ciclo de vida incluyen producción, uso y procesamiento después de su disposición, incluyendo el procesamiento de los desechos generados en estas etapas” (Sánchez, 2009, pág. 9).

Costos de ineficiencia: “Es una herramienta que permite registrar los costos derivados de la no calidad del procedimiento, no-aprovechamiento de recursos, pérdida de materias primas e insumos, tratamiento de residuos y generación excesiva de residuos” (Secretaría Distrital de Ambiente, S.F, pág. 16).

Ecobalance: “El ecobalance es un método estructurado para reportar los flujos hacia el interior y el exterior, de recursos, materia prima, energía, productos, subproductos y residuos que ocurren en una organización en particular y durante un cierto período de tiempo” (Hoof, Monroy, & Saer, 2008, pág. 137).

Evaluación de impacto ambiental: “Es el procedimiento que incluye el conjunto de estudios, informes técnicos y consultas que permiten estimar las consecuencias que un determinado proyecto, instalación o actividad causa sobre el medio ambiente” (Rioja, 2017).

Herramientas de Producción Más Limpia: “Las herramientas son instrumentos que permiten definir el estado ambiental y económico de un producto o proceso, ya sea administrativo o productivo, y con base en su aplicación establecer los objetivos de las alternativas preventivas a implementar” (Hoof, Monroy, & Saer, 2008, pág. 130).

Mejoras tecnológicas: “Consiste en la sustitución de maquinaria y equipos de tecnología que presentan baja eficiencia ambiental, baja productividad o eficiencia, por equipos y maquinaria con tecnología de punta que propendan la reducción del consumo de insumos, materia prima y energía” (Secretaría Distrital de Ambiente, S.F, pág. 19).

Producción más limpia: “La aplicación continua de una estrategia ambiental preventiva e integrada, aplicada a procesos, productos y servicios, con el fin de reducir los riesgos a la población y al medio ambiente, tomando como principio reducir al mínimo o eliminar los residuos” (Secretaría Distrital de Ambiente, S.F, pág. 10).

Producción y Consumo Sostenible (PyCS): La declaración oficial de Naciones Unidas con motivo de la Cumbre de la Tierra de 2002 afirma que una de “las principales causas de que continúe deteriorándose el medio ambiente mundial son las modalidades insostenibles de consumo y producción, particularmente en los países industrializados”. Por esta razón, Naciones Unidas hace un llamado a revisar estas modelos insostenibles, recurriendo a modelos de consumo responsable, entendido como la elección de los productos y servicios no solo con base en su calidad y precio, sino también por el impacto ambiental y social que generan y la conducta de las empresas productoras. Esto complementado con el objetivo de consumir menos y elegir sólo lo necesario. El concepto de Consumo sostenible es muy amplio, como lo es la propia actividad de consumir. Podemos, sin embargo, sintetizarlo en tres bloques: (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2010).

- Un consumo ético, en el que se introduzcan valores como una variante importante a la hora de consumir o de optar por un producto. Hacemos especial énfasis en la austeridad como un valor en relación con la reducción para un consumo ecológico, pero también frente al crecimiento económico

desenfrenado y al consumismo como forma de alcanzar el bienestar y la felicidad (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2010).

- Un consumo ecológico, que incluye, por este orden, las famosas “erres” del movimiento ecologista: Reducir, Reutilizar y Reciclar, pero en el que también se incluyen elementos tan imprescindibles como la agricultura y ganadería ecológicas, la opción por la producción artesanal, etc (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2010).
- Un consumo social o solidario, en el que entraría también el comercio justo, es decir, el consumo en lo que se refiere a las relaciones sociales y condiciones laborales en las que se ha elaborado un producto o producido un servicio. Se trata de pagar lo justo por el trabajo realizado, tanto a gentes de otros países como a las más cercanas, en nuestro ámbito local; se trata de eliminar la discriminación, ya sea a causa del color de la piel o por diferente origen, o por razón de género o religión; se trata de potenciar alternativas sociales y de integración y de procurar un nuevo orden económico internacional (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2010).

Sustentabilidad ambiental: “Implica la conservación y una adecuada gestión de los recursos, especialmente de aquellos que no son renovables o que son fundamentales para la subsistencia. Requiere actuaciones eficaces para reducir la contaminación del aire de la tierra y del agua” (Gemelli, 2008, pág. 16).

Sustentabilidad económica: “Implica la creación de prosperidad en los diferentes niveles de la sociedad, considerando además la rentabilidad de todas las actividades económicas. Fundamentalmente propone la viabilidad de las empresas y su capacidad para mantenerse a largo plazo” (Gemelli, 2008, pág. 16).

9.4. Marco normativo

La normatividad es la base para que las acciones sean orientadas a lograr una mejora en cualquier organización. En donde los diferentes decretos y leyes permiten conservar y proteger el ambiente. En la Tabla 3 se evidencian las normas relacionadas a la investigación

Tabla 3.Marco Normativo

Norma	Descripción
Ley 99 de 1993	Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA, y se dictan otras disposiciones (El Congreso de Colombia, 1993).
Ley 55 de 1993	Por medio de la cual se aprueba el "Convenio No. 170 y la Recomendación número 177 sobre la Seguridad en la Utilización de los Productos Químicos en el trabajo", adoptados por la 77a. Reunión de la Conferencia General de la O.I.T., Ginebra, 1990 (El Congreso de Colombia, 1993).
Ley 1252 de 2008	"Por la cual se dictan normas prohibitivas en materia ambiental, referentes a los residuos y desechos peligrosos y se dictan otras disposiciones"(El Congreso de Colombia, 2008)
Ley 1672 de 2013	"Por la cual se establecen los lineamientos para la adopción de una política pública de Gestión Integral de Residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE), y se dictan otras disposiciones"(El Congreso de Colombia, 2013).

Norma	Descripción
Ley 1715 de 2014	"Por medio de la cual se regula la integración de las energías renovables no convencionales al Sistema Energético Nacional"(El Congreso de Colombia, 2014)
Decreto 1697 de 1997	"Por medio del cual se modifica parcialmente el Decreto 948 de 1995, que contiene el Reglamento de Protección y Control de la Calidad del Aire" (Presidencia de la República de Colombia, 1997)
Decreto 139 de 2005	"Por el cual se modifican los párrafos 2° y 3° del artículo 23 del Decreto 3683 del 19 de diciembre de 2003"(Presidencia de la República de Colombia, 2003)
Decreto 4741 de 2005	"Por el cual se reglamenta parcialmente la prevención y el manejo de los residuos o desechos peligrosos generados en el marco de la gestión integral"(Presidencia de la República de Colombia, 2005).
Decreto 979 de 2006	"Por el cual se modifican los artículos 7°, 10, 93, 94 y 108 del Decreto 948 de 1995"(Presidencia de la República de Colombia, 2006).
Decreto 1299 de 2008	"Por el cual se reglamenta el departamento de gestión ambiental de las empresas a nivel industrial y se dictan otras disposiciones"(Presidencia de la República de Colombia, 2008)
Decreto 3930 de 2010	"Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 9 de 1979, así como el Capítulo 11 del Título VI-Parte 11I- Libro 11 del Decreto -Ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos y se dictan otras disposiciones". El presente decreto establece las disposiciones relacionadas con los usos del recurso hídrico, el ordenamiento del recurso hídrico y los vertimientos al recurso hídrico, al suelo y los alcantarillados (Presidencia de la República de Colombia, 2010).
Decreto 1076 de 2015	"Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible"(Presidencia de la República de Colombia, 2015).
Decreto 1090 de 2018	"Por el cual se adiciona el Decreto 1076 del 2015, decreto único reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible, en lo relacionado con el programa para el Uso Eficiente y Ahorro de Agua y se dictan otras disposiciones" (Ministerio de ambiente y Desarrollo Sostenible, 2018)
Resolución 0909 de 2008	"Por la cual se establecen las normas y estándares de emisión admisibles de contaminantes a la atmósfera por fuentes fijas y se dictan otras disposiciones"(Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2008).
Resolución 0372 de 2009	"Por la cual se establecen los elementos que deben contener los Planes de Gestión de Devolución de Productos Posconsumo de Baterías Usadas Plomo Ácido, y se adoptan otras disposiciones" (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2009).
Resolución 0650 de 2010	"Por la cual se adopta el Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire"(Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010).
Resolución 0651 de 2010	"Por la cual se crea el Subsistema de Información sobre Calidad del Aire - Sisaire" (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010)
Resolución 0631 de 2015	"Por la cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones" (Ministerio de ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015).
Resolución 1962 de 2017	"Por la cual se expide el límite del indicador de cociente del inventario de emisiones de gases de efecto invernadero del Etanol Anhidro Combustible Desnaturalizado y se adoptan otras disposiciones" (Ministerio de ambiente y Desarrollo Sostenible, 2017)
Resolución 2254 de 2017	"Por el cual se adopta la norma de calidad del aire ambiente y se dictan otras disposiciones"(El Ministerio de ambiente y Desarrollo Sostenible, 2017)
Resolución 1326 de 2017	"Por el cual se establecen los Sistemas de Recolección Selectiva y Gestión Ambiental de Llantas usadas y se dictan otras disposiciones"(Ministerio de ambiente y Desarrollo Sostenible, 2017)

Norma	Descripción
Guía Técnica Colombiana 93	“Guía para la ejecución de la revisión ambiental inicial (RAI) y del análisis de diferencias (GAP ANALYSIS), como parte de la implementación y mejora de un sistema de gestión ambiental” (ICONTEC, 2007).
CONPES 3874 de 2016	"Política Nacional para la Gestión Integral de los Residuos Sólidos" (Consejo Nacional de Política Económica y Social República de Colombia Departamento Nacional de Planeación, 2016).
Estrategia Nacional de Economía Circular	La Estrategia nacional de economía circular del Gobierno Nacional propende por un nuevo modelo de desarrollo económico que incluye la valorización continua de los recursos, el cierre de ciclos de materiales, agua y energía, la creación de nuevos modelos de negocio, la promoción de la simbiosis industrial y la consolidación de ciudades sostenibles, con el fin, entre otros, de optimizar la eficiencia en la producción y consumo de materiales, y reducir la huella hídrica y de carbono (Gobierno de la Republica de Colombia, 2019).

Fuente: Elaboración de autores, 2020

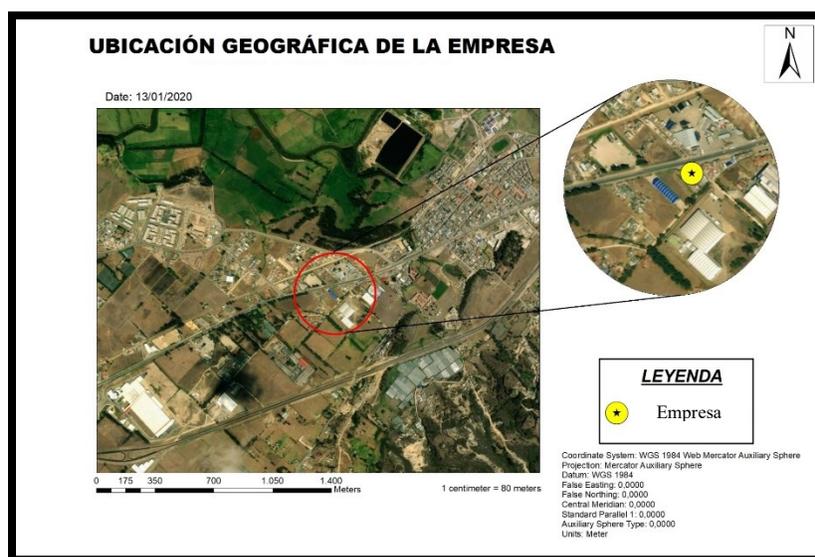
9.5. Marco geográfico

El desarrollo del presente Proyecto de investigación se ve enmarcado en el municipio de Tocancipá puesto que allí se encuentra ubicada la empresa objeto de estudio. Tocancipá que está ubicado en el departamento de Cundinamarca, Colombia, exactamente a 20 Km de Bogotá, aproximadamente a 40 minutos saliendo por la Autopista Norte, y pertenece a la zona denominada Sabana Cundiboyacense del centro del país (Jaramillo, et.al 2014). En donde Tocancipá se ha convertido principalmente en un municipio con un notable desarrollo industrial, siendo catalogado como “municipio industrial” con mayores posibilidades de empleo lo que representa un aumento de ingresos económicos para el municipio (Pardo, 2015).

El municipio de Tocancipá que traduce “alegrías del Zipa”, fue fundado el 21 de septiembre de 1593 por el Oidor Miguel de Ibarra como resguardo, y reconocido ante la corona española por el derecho de propiedad (Fierro & Gonzales, 2015). El municipio de Tocancipá cuenta con una extensión total de 73,51 Km², donde 0,62 Km² pertenecen al área urbana y el 72,89 Km² pertenecen al área rural, Tocancipá cuenta con una altura de 2605 msnm y una temperatura media de 16 grados centígrados (Alcaldía de Tocancipá ,2019). Su economía está basada primordialmente en el desarrollo industrial, en la explotación ganadera y en menor medida en la agricultura (Alcaldía de Tocancipá ,2019).

El área urbana de Tocancipá se encuentra dividida principalmente por los sectores de Betania, Bohío, La Aurora, La Esmeralda, La Selva, Los Alpes y la Trampas, mientras que el área Rural se encuentra principalmente dividida en seis veredas las cuales son el Vergazo, Tibitoc, la Fuente, El porvenir, La Esmeralda y Canavita (Losada,Rivera, 2016). Y es en esta vereda, en la vereda Canavita donde se encuentra localizada la empresa metalmecánica en el Kilómetro 29 en la Carretera central del norte (Empresa metalmecánica, 2019). Cabe resaltar que en el anexo 6, se puede observar un mapa de la empresa de manera más detallada, que se realizó a través del programa ArcGIS.

Figura 7. Localización empresa



Fuente: Elaboración de autores, 2020

En cuanto a la Fauna y Flora registrada en el Municipio de Tocancipá se destaca principalmente por la presencia de Aves como el Copetón (*Zonotrichiacapensis*), sirirí (*Tyrannusmelancholicus*), Garza real (*Ardea alba*) y monjita (*Chrysomusicterocephalus*) entre otras especies, también se destaca la presencia de serpientes sabaneras (*Atractuscrassicaudatus*) y Zarigüeyas (*Didelphisalbiventris*) (Villanueva & Tinjacá 2015). En cuanto a la vegetación se encuentran especies como la Tilandsia (*Tillandsiasuescana*), Espino (*Crueto Durantamutisii*), orquídeas (*Epidendrumelongatum*) y Laurel de cera (*Myricaparvifolia*) (Villanueva & Tinjacá 2015). Por otro lado, el Municipio posee y conserva áreas ambientalmente estratégicas llamadas Predios de interés hídrico que influyen sobre los nacedores de agua como Quebrada Honda, donde se realizan actividades ecológicas como caminatas y reforestaciones con el propósito de lograr la consolidación del corredor ambiental del municipio, áreas de reserva de Fauna y flora. (Alcaldía de Tocancipá, 2020).

9.6. Marco institucional

Tabla 4. Marco Institucional

Entidad	Función	Logo
Ministerio de ambiente y Desarrollo Sostenible	El Ministerio de ambiente es la entidad pública encargada de definir la política Nacional Ambiente y promover la recuperación, conservación, protección, ordenamiento, manejo, uso y aprovechamiento de los recursos naturales renovables, a fin de asegurar el desarrollo sostenible y garantizar el derecho de todos los ciudadanos a gozar y heredar un ambiente sano (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2020).	

<p>CAR</p>	<p>“La CAR se encarga de ejercer como máxima autoridad en su jurisdicción, ejecutando políticas, planes, programas y proyectos ambientales, a través de la construcción de tejido social, para contribuir al desarrollo sostenible y armónico de la región” (CAR, 2018).</p>	
<p>ANDI</p>	<p>“La Asociación Nacional de Empresarios de Colombia (ANDI), es una agremiación sin ánimo de lucro, que tiene como objetivo difundir y propiciar los principios políticos, económicos y sociales de un sano sistema de libre empresa “(ANDI, 2020).</p>	
<p>Cámara Fedemetal</p>	<p>La Cámara Fedemetal de la ANDI busca ser el vocero y representar a la cadena metalmeccánica y astillera. La Cámara analiza la información estadística, de producción y de comercio exterior, participar en las negociaciones internacionales de los tratados, organiza misiones internacionales, desarrolla los planes de acción de los diferentes comités y el aprobado por la Junta Directiva. También realiza todas aquellas actividades que beneficien a los sectores que componen la cadena productiva, buscando que sean más competitivos (ANDI, 2020).</p>	
<p>Alcaldía de Tocancipá</p>	<p>La Alcaldía de Tocancipá tiene como misión principal el garantizar los derechos de los ciudadanos, dentro de los límites que le impone la ley y el alcance de sus competencias, para garantizar un desarrollo social, económico y una sostenibilidad ambiental sustentada en procesos de planificación, gestión, evaluación, control y mejoramiento continuo, los cuales deben contar en todo momento con una activa participación ciudadana y una inclusión equitativa e igualitaria de todas las poblaciones (Alcaldía de Tocancipá, 2017).</p>	
<p>Secretaría de Ambiente</p>	<p>Liderar la gestión ambiental del municipio, desde una perspectiva de manejo integral interactuando con los procesos de planeación, económico, social y físicos del municipio, con el propósito de garantizar el uso sostenible y conservación de los recursos naturales en cumplimiento de las funciones dadas por el</p>	

	ordenamiento jurídico vigente P.O.T, normas locales, regionales y nacionales (Alcaldía de Tocancipá, 2017).	
UPME	La Unidad de Planeación Minero-Energética UPME es una Unidad Administrativa Especial del orden Nacional, de carácter técnico, adscrita al Ministerio de Minas y Energía (UPME,2020)	

Fuente: Elaboración de autores, 2020.

10. Metodología

10.1. *Enfoque de investigación*

En este apartado se desarrolló la metodología del proyecto de investigación el cual tuvo un enfoque mixto, ya que se realizó una articulación entre los datos cuantitativos y cualitativos, por una parte, se evaluó los aspectos e impactos negativos de la empresa metalmeccánica teniendo en cuenta la parte social, ambiental y económica.

Cuenta con un enfoque cuantitativo, ya que cumple con un paso a paso estructurado, según Sampieri (2014) una de las características del enfoque cuantitativo de investigación es que el investigador plantea un problema de estudio delimitado y concreto, en este proyecto de investigación se planteó una problemática a partir de la cual se va a desarrollar la investigación, por consiguiente se derivan objetivos y preguntas de investigación para posteriormente construir marcos, establecer hipótesis y determinar variables para poder llegar a una conclusión. Por otro lado, se realizó una recolección, sistematización y procesamiento de datos, por medio de formatos elaborados con la finalidad de tener una perspectiva sobre todo el sistema productivo.

De igual manera tiene un enfoque cualitativo, puesto que se realiza una revisión bibliográfica, se implementan técnicas de observación directa y se realizan una serie de entrevista.

10.2. *Alcance*

Según Sampieri (2014) Los estudios descriptivos buscan especificar las propiedades, las características y los perfiles de personas, grupos, comunidades, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis, la investigación cuenta con un alcance descriptivo puesto que se desarrollan actividades de observación e identificación del sistema de producción de la fabricación de piezas para motocicletas, con el fin de describir el desarrollo de los procesos en sus condiciones naturales. También se considera correlacional al identificar la relación de las operaciones con el entorno y su influencia en términos de impactos.

10.3. *Técnicas*

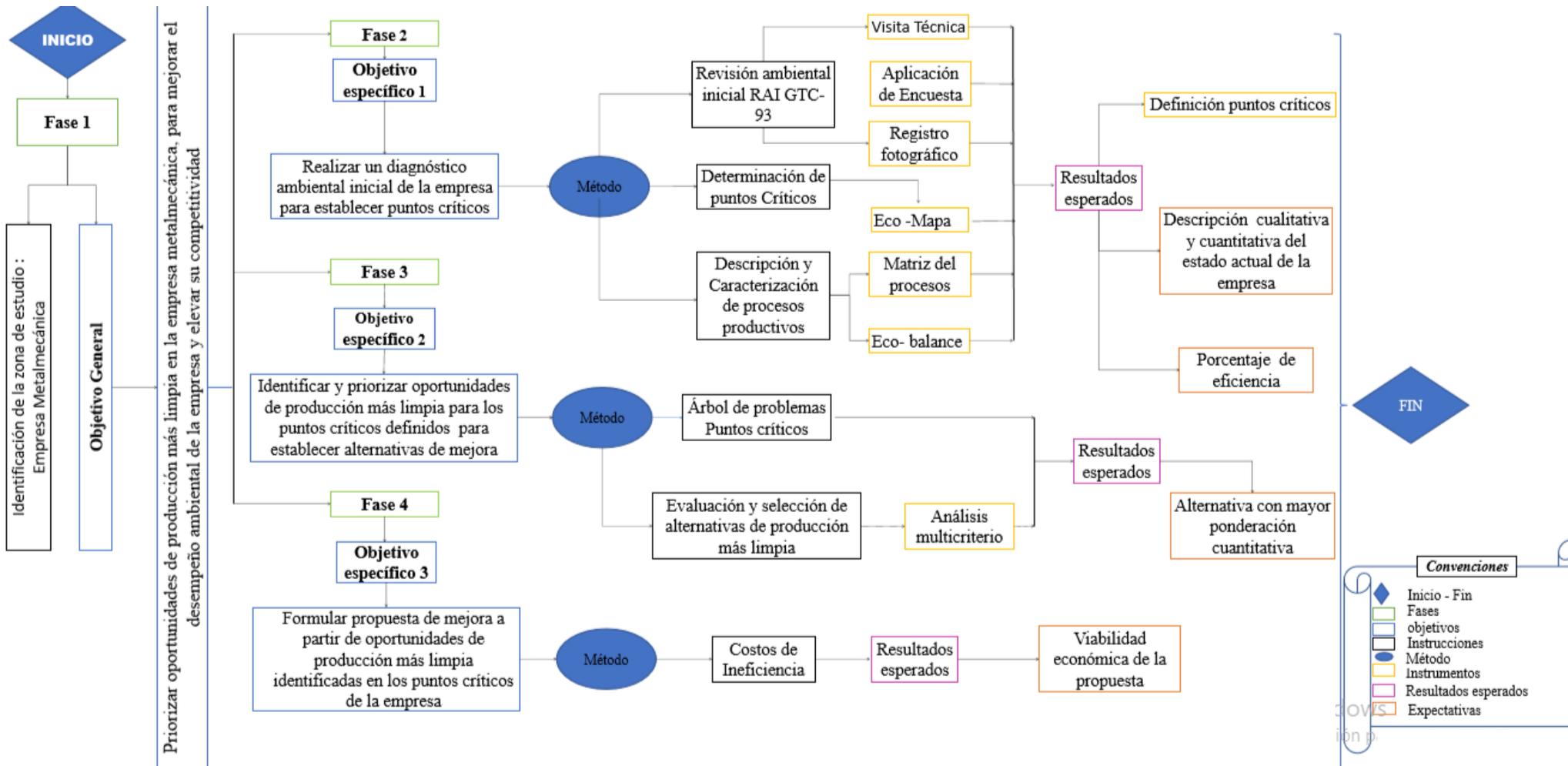
Durante el desarrollo de esta investigación se utilizaron diversas técnicas, entre las que se encuentran, observación directa, análisis documental y análisis de datos. Según Sampieri (2014):

Deben elaborarse dos formatos: condensadas (registros inmediatos de los sucesos) y ampliadas (con detalles de los hechos). Asimismo, en la bitácora de campo es preciso plasmar los procedimientos seguidos en el ambiente con pormenores y descripciones detalladas, de tal manera que el trabajo realizado resulte “transparente y claro” para quien examine los resultados (pág. 455).

El levantamiento de información se realizó a partir de técnicas de recolección de datos para el registro de lo observado. Asimismo, se recopiló información con la ayuda del área administrativas y de los operarios. La observación directa se implementó con la finalidad de recopilar información sobre el estado actual de la empresa, para el análisis documental el proyecto de investigación estuvo basado en investigaciones de tipo primaria y secundaria y análisis de datos ya que se utilizaron programas como Excel para poder recopilar la información en matrices.

Para el desarrollo del presente proyecto se define la metodología por objetivo específico para especificar las técnicas e instrumentos que se van a realizar para el desarrollo de los objetivos, tal y como se puede evidenciar en la figura 8.

Figura 8. Metodología del proyecto



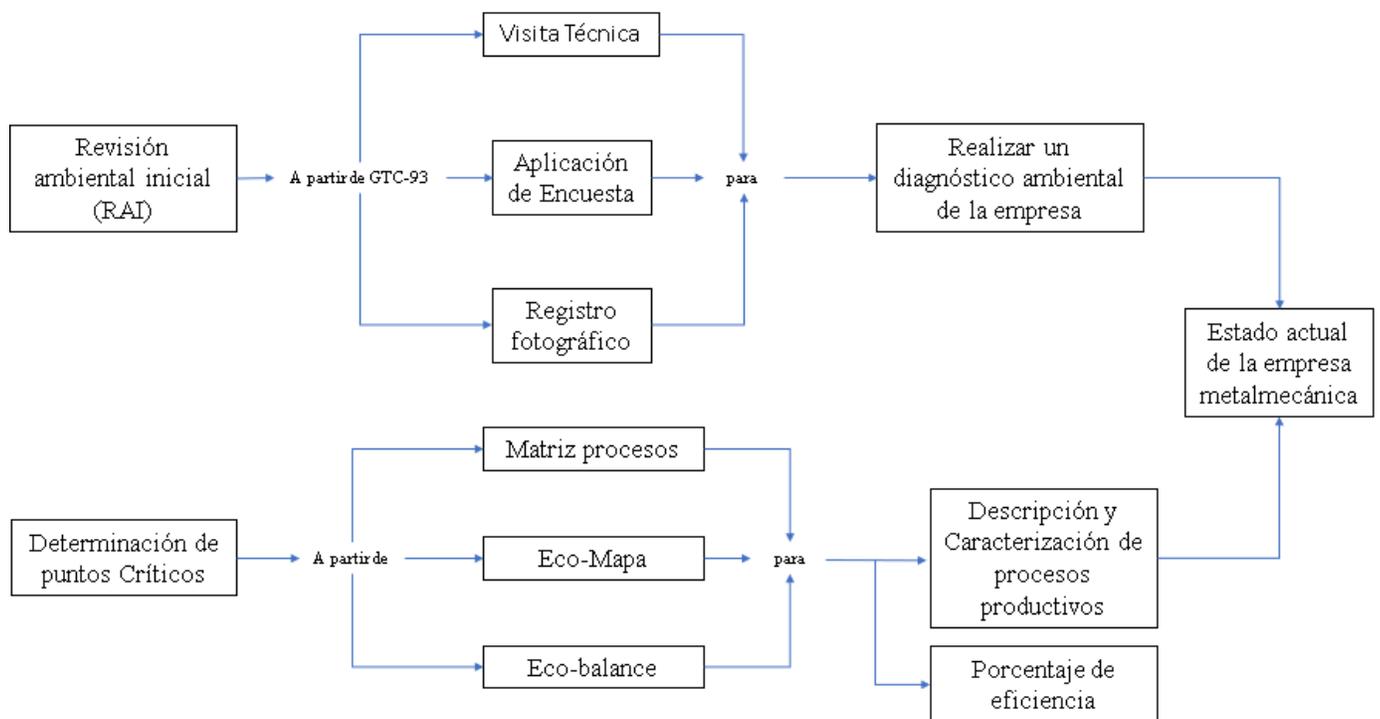
Fuente: Elaboración de autores, 2020

10.4. Objetivo específico 1

Realizar un diagnóstico ambiental inicial de la empresa para establecer puntos críticos.

La GTC 93 se usó como una herramienta para guiar el diagnóstico para tener un panorama inicial de cómo se encuentra la empresa (ICONTEC,2007). De esta manera, se realizó el diagnóstico usando algunas fases definidas por la GTC 93 como: Descripción de la ubicación geográfica o área de influencia en donde opera la empresa, la identificación de los procedimientos de la empresa. Además, se realizó la caracterización de los procesos de producción, describiendo las entradas, los procesos y las salidas; asimismo, se realizó una caracterización de los procesos productivos a partir de un eco mapa para la identificación de los puntos críticos.

Figura 9. Metodología primer objetivo específico



Fuente: Elaborado por autores, 2020

10.5. Objetivo específico 2

Identificar y priorizar oportunidades de producción más limpia para los puntos críticos definidos.

Al tener ya identificadas los puntos críticos se procede a realizar un árbol de problemas para conocer la causa directa de porque se encuentra esa área en estado crítico para poder abordarlas en posibles alternativas para la empresa. Posteriormente se realiza un Análisis Multicriterio (AMC) implementada por la empresa Ficondi Cia Ltda, en su estudio de impacto ambiental (Machado, 2005). Está se modificó con el fin de adaptarla a las características propias del proyecto. Donde se establecen diferentes alternativas que acaten las áreas críticas identificadas para la obtención de las alternativas más viables para la empresa. Posteriormente se explica los pasos que se siguieron para el desarrollo de esta metodología adaptada por Hajkowicz & Higgins (2008).

1. Selección de Criterios: En este paso se seleccionaron los criterios definitivos a utilizar en la comparación de las alternativas, para realizar el proceso de medición y ordenarlos de acuerdo con su porcentaje de peso.

Tabla 5. Selección de criterios

Criterios	Dimensión
Criterio 1	
Criterio 2	
Criterio n	

Fuente: Elaboración de los autores,2020.

2. Selección de las alternativas: Se plantean las alternativas más viables para la empresa para evaluarlas y ordenarlas de mayor a menor desempeño. Por lo que se diseñó la siguiente tabla. La cual permitió identificar las características y beneficios de cada alternativa frente a los criterios escogidos. Esto por medio de la búsqueda de información secundaria.

Tabla 6. Desempeño de las alternativas frente a los criterios

Criterios	Alternativas		
	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa n
Criterio 1			
Criterio 2			
Criterio n			

Fuente: Elaboración de los autores,2020.

3. Ponderación de los indicadores ambientales para obtener los Coeficientes de importancia Relativa (CIR): La metodología AMC contiene criterios medidos en unidades distintas. Por lo tanto, es necesario transformar las mediciones para que puedan ser combinados y medidos. Para ello se utilizó un rango de 0 a 1, en donde 0 indica una relación baja entre los criterios, 0,5 una relación media y 1 una relación alta. En donde la suma de cada valor permite obtener los CIR para cada criterio.

Tabla 7. Rangos frente a la relación entre el criterio y la alternativa

Valor	Rangos	Interpretación de la relación de la alternativa frente al criterio
0	Baja	Relación baja frente al criterio
0,5	Media	Relación media frente al criterio
1	Alto	Relación alta frente al criterio

Fuente elaboración de autores,2020.

Tabla 8. Cálculo CIR (Coeficientes de Importancia Relativa)

Criterio vs Criterio	Criterio 1	Criterio 2	Criterio n	Suma	CIR
Criterio 1		0	0	0	0
Criterio 2	0.5		1	1.5	$((1.5/3.5) * 100) = 42,8$
Criterio n	1	1		2	$((2/3.5) * 100) = 57,1$
Total				3.5	100

Fuente elaboración de autores,2020

4. Ordenar los criterios por porcentaje de peso: Se ordenan los criterios por porcentaje de peso para conocer su importancia.

Tabla 9. Criterios ordenados de mayor a menor

CRITERIO	CIR
Criterio 1	

CRITERIO	CIR
Criterio 2	
Criterio n	

Fuente elaboración de autores,2020

5. Determinación de los Coeficientes de Selección Ambiental (CSA): En esta fase se compararon las medidas de desempeño de cada alternativa con base a los criterios seleccionados. En las siguientes tablas se muestran los rangos tomados para cada criterio y su respectiva interpretación

Tabla 10. Rangos del criterio 1: Viabilidad técnica para cálculo de CSA

Valor	Rango criterio	Interpretación del criterio
0	Nulo o menor	Tiene una menor viabilidad técnica a la alternativa con mayor complejidad de operación.
5	Similar	Tiene una similar viabilidad técnica a la alternativa con similar complejidad de operación.
10	Mayor	Tiene una mayor viabilidad técnica a la alternativa con menor complejidad de operación.

Fuente: Elaboración de los autores, 2020.

Tabla 11. Rangos del criterio 2: Viabilidad tecnológica para cálculo de CSA

Valor	Rango criterio	Interpretación del criterio
0	Nulo o menor	Tiene una menor viabilidad técnica frente a la alternativa
5	Similar	Tiene una similar viabilidad técnica frente a la alternativa
10	Mayor	Tiene una mayor viabilidad técnica frente a la alternativa

Fuente: Elaboración de los autores, 2020.

Tabla 12. Rangos del criterio 3: beneficios económicos para cálculo de CSA

Valor	Rango criterio	Interpretación del criterio
0	Nulo o menor	No genera producto de beneficio económico en comparación a la alternativa confrontada.
5	Similar	Genera un producto similar a la alternativa confrontada.
10	Mayor	Genera un producto con mayor beneficio económico en comparación a la alternativa confrontada.

Fuente: Elaboración de los autores, 2020.

Tabla 13. Rangos del criterio 4: Monto de la inversión para cálculo de CSA

Valor	Rango criterio	Interpretación del criterio
0	Menor	Tiene un monto de inversión nulo o menor frente a la alternativa
5	Similar	Tiene un monto de inversión similar frente a la alternativa
10	Mayor	Tiene un monto mayor de inversión frente a la alternativa

Fuente: Elaboración de los autores, 2020

Tabla 14. Rangos del criterio 5: Eficiencia del proceso para cálculo de CSA

Valor	Rango criterio	Interpretación del criterio
0	Menor	Presenta una menor eficiencia del proceso frente a la alternativa
5	Similar	Presenta una similar eficiencia del proceso frente a la alternativa
10	Mayor	Presenta una mayor eficiencia del proceso frente a la alternativa

Fuente: Elaboración de los autores,2020.

Tabla 15. Rangos del criterio 6: Reducción de mano de obra para cálculo de CSA

Valor	Rango criterio	Interpretación del criterio
0	Menor	Genera una menor reducción de mano de obra frente a la alternativa
5	Similar	Genera una reducción similar de mano de obra frente a la alternativa
10	Mayor	Genera una mayor reducción de mano de obra frente a la alternativa

Fuente: Elaboración de los autores,2020.

Tabla 16. Rangos del criterio 7: Riesgos laborales para cálculo de CSA

Valor	Rango criterio	Interpretación del criterio
0	Menor	Genera menores riesgos laborales en comparación a la alternativa confrontada.
5	Similar	Genera similares riesgos laborales en comparación a la alternativa confrontada.
10	Mayor	Genera mayores riesgos laborales en comparación a la alternativa confrontada.

Fuente: Elaboración de los autores,2020.

Tabla 17. Rangos del criterio 8: Riesgos ambientales para cálculo de CSA

Valor	Rango criterio	Interpretación del criterio
0	Menor	Genera un menor riesgo ambiental en comparación a la alternativa confrontada.
5	Similar	Genera riesgos ambientales similares en comparación a la alternativa confrontada.
10	Mayor	Genera un mayor riesgo ambiental en comparación a la alternativa confrontada.

Fuente: Elaboración de los autores,2020.

Tabla 18. Rangos del criterio 9: Disminución de materias primas e insumos para cálculo de CSA

Valor	Rango criterio	Interpretación del criterio
0	Menor	Genera una menor disminución de materias primas e insumos en comparación a la alternativa confrontada.
5	Similar	Genera similares disminuciones de materias primas e insumos en comparación a la alternativa confrontada.
10	Mayor	Genera una mayor disminución de materias primas e insumos en comparación a la alternativa confrontada.

Fuente: Elaboración de los autores,2020.

Tabla 19. Cálculo CSA (Según el criterio seleccionado)

Alt Vs Alt	Nominal	Alternativa n	Alternativa 2	Alternativa 1	Alternativa 0	Suma	CSA
Alternativa 0	0	0	0	0		0	0
Alternativa 1	10	0	5		10	25	$((25/75) * 100) = 33.3$
Alternativa 2	10	10		0	10	30	$((30/75) * 100 = 40.0$
Alternativa n	10		5	0	5	20	$((20/75) * 100 = 26.7$
Nominal		0	0	0	0	0	0
Total						75	100

Fuente: Elaboración de los autores,2020.

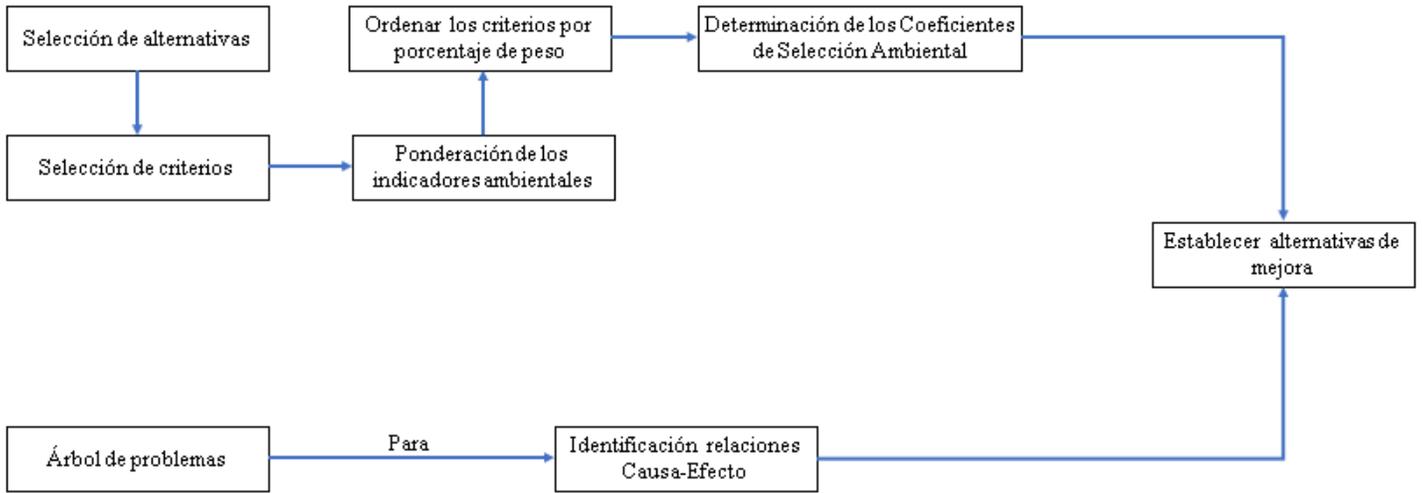
6. Análisis de la Matriz final de coeficientes y selección de la alternativa óptima: De acuerdo con la metodología seleccionada, se procedió a elaborar la matriz final de coeficientes, obteniendo, así como resultado la alternativa óptima. Posterior a esto se realizó el análisis de la Matriz con el objetivo de tomar la decisión final.

Tabla 20. Matriz final de coeficientes y selección de alternativa

Criterio	CIR	CSA				CIR X CSA			
		Alternativa 0	Alternativa 1	Alternativa n	Alternativa N	Alternativa 0	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa n
Criterio 1						(CIR*CSA)			
Criterio 2									
Criterio n									
TOTAL						SUMA	SUMA	SUMA	SUMA

Fuente: Elaboración de los autores,2020.

Figura 10. Metodología segundo objetivo específico



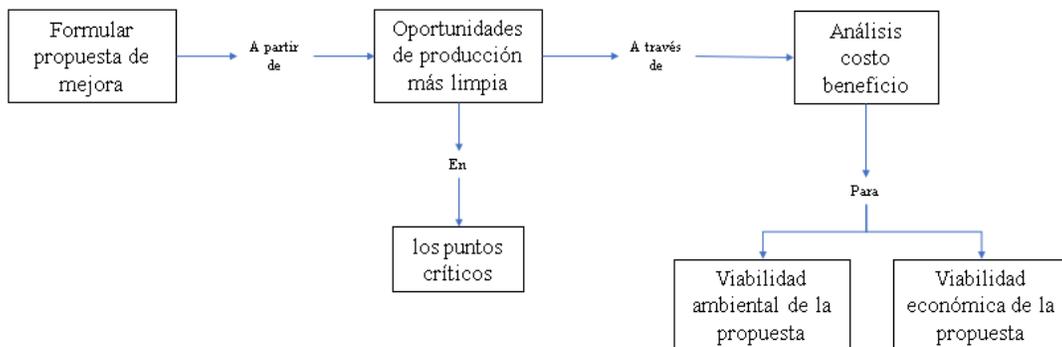
Fuente: Elaboración de autores, 2020.

10.6. Objetivo específico 3

Formular propuesta de mejora a partir de oportunidades de producción más limpia identificadas en los puntos críticos de la empresa.

Por último, la alternativa más viable obtenida por el análisis multicriterio es evaluada para cuantificar los costos que conlleva la implementación de las alternativas a partir de un VPN para saber en cuánto tiempo se retorna la inversión junto con los beneficios ambientales que trae la implementación de estas alternativas.

Figura 11. Metodología tercer objetivo específico



Fuente: Elaboración de los autores, 2020.

Tabla 21. Ficha programa

Propuesta:			Ficha N° 1			
Fecha de formulación	7/04/2020	Elaborada por	Autores			
Nombre de la Empresa	Sector al que pertenece	Área a la que se formula la Propuesta				
Proceso Productivo	Bandas para Freno de motocicleta		Producto:	Bandas de Freno		
Descripción de la Propuesta						
Objetivos:	<i>Mejorar el desempeño ambiental de la empresa</i>					
Inversión			Retorno de la Inversión		Referencia de la Máquina	Número de Máquinas Requeridas
\$ Costo Dólares	\$ Costo en pesos	\$ Costo de operación	Años			
Beneficios Ambientales de la Implementación						
✓						
✓						
✓						
Viabilidad de la Propuesta			Ahorros			
VPN						

Fuente: Elaboración de los autores, 2020.

11. Plan de trabajo

11.1. Cronograma

A continuación, se definen las actividades en el tiempo establecido para el desarrollo del proyecto. En donde cada color corresponde al mes de elaboración de la actividad.

Tabla 22. Cronograma

Actividad	Cronograma																											
	Octubre				Noviembre				Diciembre				Enero				Febrero				Marzo				Abril			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Visita empresa																												
Reuniones director																												
Cambio de director																												
Determinación del tema a trabajar																												
Visita empresa																												
Planteamiento de la investigación																												
Marcos de referencia																												
Diseño y construcción de la metodología de investigación																												
Visita empresa																												
Diagrama y construcción formatos de levantamiento de información																												
Revisión literatura y publicaciones																												
Marco normativo																												
Visita empresa																												
Revisión documento- Primer adelanto																												
Diagnostico actual de la empresa																												
Visita empresa																												
Ecomapa																												
Ecobalance																												
Acercamiento telefonico coordinación de la empresa																												
Arbol de problemas																												
Análisis multicriterio																												
Acercamiento telefonico coordinación de la empresa																												
Costos de ineficiencia																												
Ficha viabilidad alternativa																												
Conclusiones																												
Recomendaciones																												
Entrega Final																												

Fuente: Elaboración de autores, 202

11.2. Presupuesto

Se realizó un presupuesto, en el cual se tienen en cuenta, los costos por talento humano, transporte, alimentación, materiales y otros elementos necesarios para las visitas de campo, siendo el costo de talento humano el mayor, con un valor de \$4'620.000, el costo total de las visitas de campo sin tener en cuenta los valores de talento humano fue de \$297.000, obteniendo de esa forma un total de \$4'917.000.

Tabla 23. Presupuesto

	Concepto	Cantidad	Costo por hora	Horas trabajadas	Total	
Personas	Investigadores	2	\$7.000	300	\$4.200.000	
	Director	1	\$22.000	15	\$220.000	
	Operarios	1	\$20.000	10	\$200.000	
Valor total del personal					\$4.620.000	
Primera visita de campo						
Viáticos por persona	Concepto	Cantidad	Costo Unitario		Total	
	Transporte	4	\$7.200		\$28.800	
	Alimentación por día	2	\$4.000		\$8.000	
	Papelería		\$4.000		\$4.000	
	Segunda visita de campo					
	Concepto	Cantidad	Costo Unitario		Total	
	Transporte	4	\$7.200		\$28.800	
	Alimentación por día	2	\$4.000		\$8.000	
	Papelería		\$1.500		\$1.500	
	Tercera visita de campo					
	Concepto	Cantidad	Costo Unitario		Total	
	Transporte	4	\$7.200		\$28.800	
	Alimentación por día	2	\$4.000		\$8.000	
	Papelería		\$1.500		\$1.500	
	Cuarta visita de campo					
	Concepto	Cantidad	Costo Unitario		Total	
Transporte	4	\$7.200		\$28.800		
Alimentación por día	2	\$4.000		\$8.000		
Papelería		\$1.000		\$1.000		
Quinta visita de campo						
Concepto	Cantidad	Costo Unitario		Total		
Transporte	4	\$7.200		\$28.800		
Alimentación por día	2	\$4.000		\$8.000		
Papelería		\$5.000		\$5.000		

Total, de viáticos por persona					\$98.500
Valor total de viáticos					\$197.000
Otros Elementos	Concepto	Cantidad	Costo Unitario		Total
	Botas con puntera metálica	1	\$100.000		\$100.000
Valor total de otros elementos					\$100.000
Costo total del proyecto					\$4.917.000

Fuente: Elaboración de autores, 2020.

12. Aspectos éticos

Se realizó un acuerdo de confidencialidad con la empresa para protección del nombre de esta junto con la información proporcionada para la realización del documento.

13. Resultados y Análisis

13.1. Resultados y análisis objetivo específico 1. Realizar un diagnóstico ambiental inicial de la empresa para establecer puntos críticos.

Los Resultados que a continuación se presentan responden a una serie de necesidades identificadas en durante la realización del Diagnóstico ambiental llevado a cabo en la empresa. cabe resaltar que los resultados serán presentados de acuerdo con lo establecido previamente en los objetivos específicos, con el fin de lograr la correcta interpretación y análisis de los mismos. Para ello y en primera instancia se procederá a explicar el método utilizado para levantar información concerniente al diagnóstico ambiental llevado a cabo. Luego se realizará la descripción de la empresa, las diferentes prácticas y procedimientos que aquí se manejan.

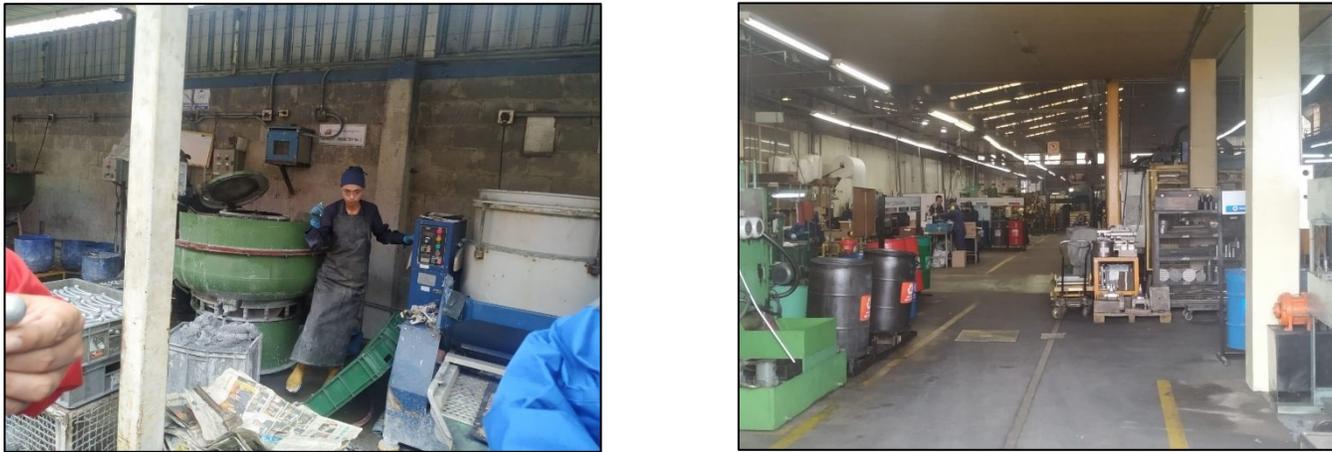
13.1.1. Descripción de la empresa

Para el desarrollo de este proyecto de investigación se formularon una serie de formatos técnicos, que buscan contribuir al correcto Diagnóstico ambiental de la empresa, estos formatos están amparados bajo los lineamientos de la Guía Técnica Colombiana GTC 93, la cual establece las pautas necesarias para llevar a cabo una Revisión ambiental inicial RAI, para determinar la situación actual de la empresa y recopilar información de carácter relevante que contribuya a la investigación como lo es tipo de actividad y sector al cual pertenece la empresa, número de trabajadores con los que cuenta, productos que ofrece al mercado entre otros. Los formatos utilizados en este proceso de levantamiento de información se pueden observar en el apartado de anexos. *(Ver anexos 1 al 4).*

Adicionalmente a la formulación de estos formatos se programaron una serie de visitas a la empresa donde se pudo observar y conocer de primera mano las diferentes labores a las que se dedica la empresa, prácticas y procedimientos que son llevados a cabo por el sector metalmeccánico, principalmente por empresas dedicadas al diseño y fabricación de autopartes para motocicletas como lo hace la empresa, en

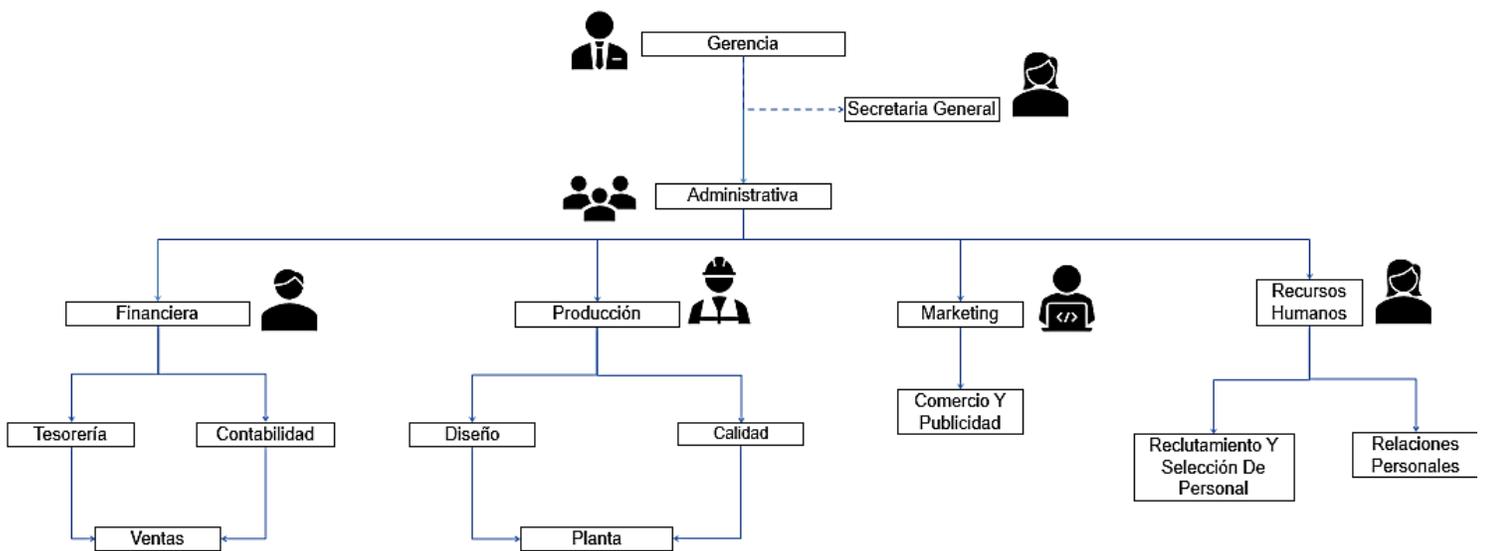
estas visitas desarrolladas y en consentimiento con la empresa se logró tomar registro fotográfico de la empresa.

Figura 12. Fotografías etapa productiva de la empresa



La empresa quien está a cargo del señor Enrique Navas gerente y propietario, cuenta con un área total de 20.000 m², y un total de 380 empleados distribuidos en las diferentes áreas con las que cuenta la empresa, quienes cumplen con un horario laboral de 8 horas al día. En cuanto a la estructura organizacional de la empresa esta se puede apreciar en la siguiente figura

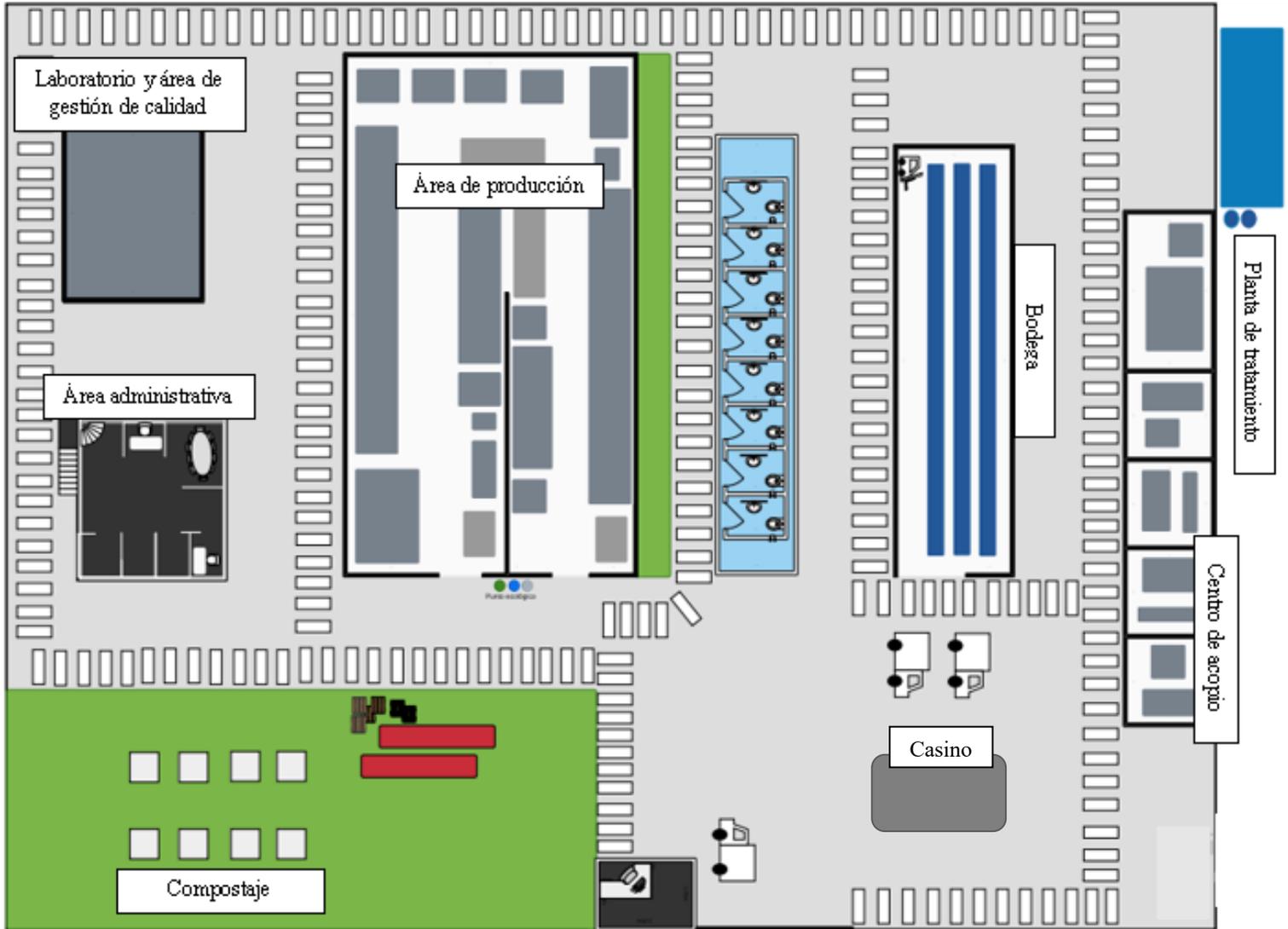
Figura 13. Organigrama de la empresa



Fuente: Elaboración de autores,2020.

Por otro lado, y gracias al diagnóstico y a la serie de visitas que se desarrollaron en la empresa, se procedió a realizar el plano general, con el fin de dar a conocer de manera más detallada la distribución de la empresa y posteriormente llevar a cabo la descripción de Cada una de las áreas con las que cuenta la empresa.

Figura 14. Plano de la empresa metalmeccánica



Fuente Elaboración de autores, 2020.

La empresa se encuentra dividida en siete grandes áreas, las cuales son el Área Administrativa, en donde se llevan a cabo las grandes decisiones por parte de la gerencia. Decisiones de gran importancia para la empresa, y para quienes la conforman en materia de marketing, manejos de nóminas y comercialización de los productos fabricados con grandes empresas como Honda, Suzuki y Yamaha. Encontramos el Área de gestión de calidad, con subáreas como la de Matricería, Diseño y Laboratorios, en este lugar se ejercen labores como el diseño de los moldes de los diferentes productos manejados, también son sometidos a diferentes pruebas de calidad para que el producto cumpla con todos los requisitos antes de ser fabricado

y comercializado, verificando desde las medidas con las que deben cumplir, peso y material con el que fue y será diseñado, todo esto pensado para suplir las necesidades del cliente.

Otra área de carácter relevante para la empresa es el área de Área de producción, por la importancia de las labores que aquí se adelantan. Esta es una de las áreas más grandes e importantes de toda la empresa pues es aquí donde se lleva a cabo la fabricación de los diferentes productos que se manejan, productos como lo son pastillas para freno de motos, Bandas para Freno de motos, Maniguetas, Bases de espejo, Ejes de cambio, Ejes de rueda, Tornillos entre otros productos que maneja la empresa.

Al ser un área tan importante y teniendo en cuenta que es aquí en donde se lleva a cabo los procesos de producción, es en esta área en donde se centrará el desarrollo del presente trabajo de investigación.

Por otro lado, tenemos las bodegas de la empresa, acá se almacenan tantas materias primas que serán usadas posteriormente e incluso productos terminados, previamente empaquetados y listos para su distribución y comercialización. La empresa también cuenta con un centro de acopio donde se almacenan diferentes residuos tanto peligrosos como no peligrosos a la espera de ser recogidos por las diferentes empresas encargadas para su manejo correspondiente.

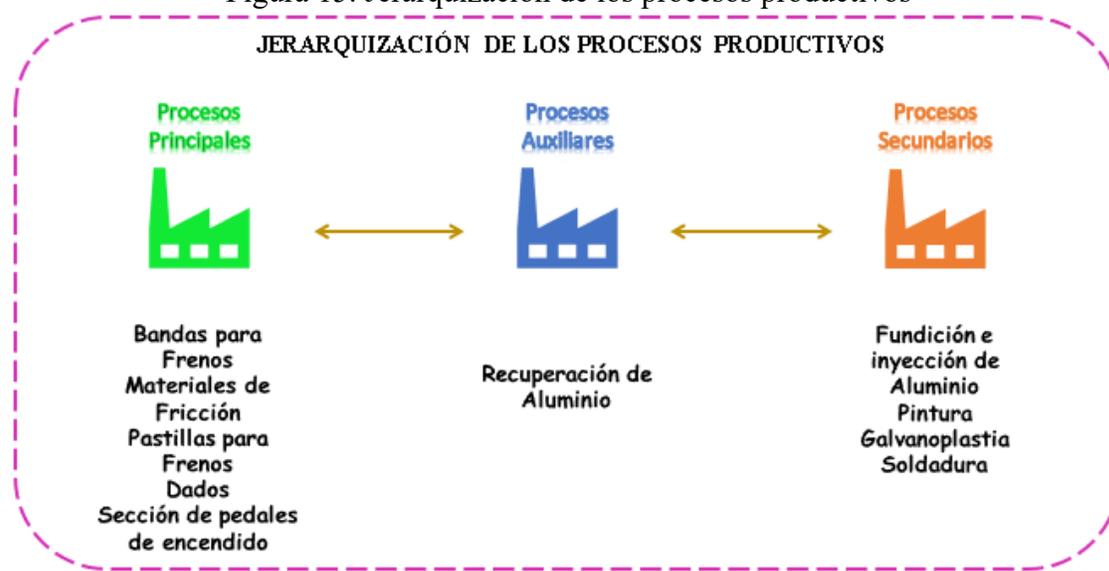
Otro aspecto positivo de la empresa es su planta de tratamiento, es allí donde se encargan de tratar alrededor de 216 m³ el agua contaminada principalmente con trazas de metales pesados, ácidos y grasas provenientes de los diferentes procesos que manejan en la empresa, para posteriormente recircular el agua ya tratada por algunos de los procesos en donde se requiera.

Por último, encontramos el área de compostaje, que si bien esta es una iniciativa nueva por parte de la empresa esta tiene como fin el de aprovechar los residuos provenientes del Casino para la fabricación de compost que ayude a reverdecer la fachada de la empresa.

Una vez realizado el Diagnóstico actual de la empresa, se realizó la descripción y caracterización detallada de los (10) diez procesos productivos representativos de la empresa, cada uno con sus respectivas etapas. Con el fin de dar a conocer de manera general las actividades que se desarrollan en cada proceso en donde se puede observar materias primas e insumos utilizados para cada labor, Y poder así establecer las bases del ecomapa.

Es importante señalar que al interior de la empresa estos (10) diez procesos, mantienen una jerarquía operaria en donde los procesos de Bandas para Frenos, Materiales de Fricción, Pastillas de Freno, Sección de Pedales de encendido y Dados, son catalogados como procesos principales, mientras que los procesos de pintura, Fundición e inyección de aluminio, Galvanoplastias y soldadura, pese a ser importantes son definidos como procesos secundarios. Recuperación de aluminio, es catalogado como un proceso auxiliar, ya que de este proceso depende gran parte de la materia prima que se utiliza para que sea reincorporada a los diferentes procesos.

Figura 15. Jerarquización de los procesos productivos



Fuente: Elaboración de autores,2020.

13.1.2. Descripción Procesos Productivos

A partir de los datos recolectados en campo y del testimonio del encargado de la empresa, se procedió a realizar una descripción y caracterización de las secciones de producción que se realizan en la empresa para conocer que insumos y que recursos son necesarios para su elaboración junto con los residuos que pueden llegar a generar.

13.1.2.1. Sección Bandas de Freno

Son elementos de fricción con una curvatura que va desde un diámetro 6 hasta un diámetro 16, dependiendo de la aplicación del sistema de frenos. Esta va sobre un suncho o zapata, posicionada con pegante o remache dependiendo del tamaño, se monta una banda por zapata y dos zapatas por rueda que van dentro de un tambor o campana, que una vez accionado el sistema efectúa el frenado de la rueda (Serna, 2012).

Tabla 24. Caracterización de Sección de Bandas de freno

Entrada	Proceso	Salida
Zapata Contada	VERIFICACIÓN CALIDAD	Zapata Verificada
		Zapata no Conforme (Aluminio)
Zapata Contada y verificada		Zapata Mecanizada
Energía Eléctrica		Consumo de Energía

Entrada	Proceso	Salida
Agua	MECANIZADO TALADRADO Y FRESADO	Consumo de Agua
Refrigerante Bonderite L-MR B 400		Agua Contaminada con Refrigerante
Brocas		Brocas Rotas y Desgastadas
Zapata Mecanizada	DESENGRASE	Zapata sin Grasa
Agua		Consumo de Agua
Metex		Agua Contaminada con Metex y Grasa
Energía Eléctrica		Consumo de Energía
Zapata sin Grasa	ENJUAGUE 1	Zapata Limpia
Agua		Consumo de Agua
Zapata Limpia	ENJUAGUE 2	Agua Contaminada con Metex
Agua		Zapata Limpia
Energía Eléctrica		Consumo de Agua
Zapata Limpia		Agua Contaminada con Metex
Energía Eléctrica	SECADO	Consumo de Energía
Zapata Limpia		Zapata Seca
Energía Eléctrica		Consumo de Energía
Zapata Seca	GRANALLADO	Zapata Granallada
Energía Eléctrica		Consumo de Energía
Granalla	ENJUAGUE 3	Material particulado (Granalla)
Zapata Granallada		Zapata Limpia
Agua		Consumo de Agua
Agua Desmineralizada	PASIVADO	Agua Contaminada con Sólidos Suspendidos
Zapata Limpia		Zapata Limpia
Agua		Agua Contaminada con Iridite NEP Start
Iridite NEP Start	ENJUAGUE 4	Zapata Pasivada
Zapata Pasivada		Consumo de Agua
Agua		Agua Contaminada con Iridite NEP Start
Agua Desmineralizada	ENJUAGUE 5	Zapata Limpia
Zapata Enjuagada		Consumo de Agua
Agua Desmineralizada		Agua Contaminada con Iridite NEP Start
Zapata Limpia	SECADO	Zapata seca
Energía Eléctrica		Consumo de Energía Eléctrica
Ferodo		Ferodo Verificado

Entrada	Proceso	Salida
	VERIFICACIÓN MATERIAL DE FRICCIÓN	Ferodo No Conforme
Ferodo Verificado	APLICACIÓN DE PEGANTE	Ferodo con Pegante
Energía Eléctrica		Consumo de Energía
Aire comprimido		Gases y Vapores Tóxicos
Araldite 60		Residuos Sólidos Contaminados con Sustancias Tóxicas
Agua		Consumo de Agua
Ferodo con Pegante	SECADO	Ferodo Seco
Ferodo Seco	ENSAMBLE O ARMADO	Ferodo No Conforme
Zapata		Banda Armada-Dispositivo y Zuncho
Banda Armada	HORNO DE CURADO	Banda Curada
Energía Eléctrica		Consumo de Energía
Gas Natural		Combustión de Gas
Banda Curada	DESENSAMBLE	Banda Sin Dispositivo y Zuncho
Banda Curada	RECTIFICADO LATERAL	Banda con Rectificado Lateral
Energía Eléctrica		Consumo de Energía
Aire Comprimido		Material Particulado
Disco de Pulimiento		Disco Desgastados
Banda con Rectificado Lateral	RECTIFICADO DE CHAFLÁN	Banda con Rectificado Chaflán
Energía Eléctrica		Consumo de Energía
Aire Comprimido		Material Particulado
Banda con Rectificado Chaflán	ENSAMBLE DE RESORTES	Banda con Ensamble de Resortes
Energía Eléctrica		Consumo de Energía
Aire Comprimido		
Resortes		Resorte no Conforme
Banda con Ensamble de Resortes	RECTIFICADO DE DIÁMETRO VERIFICACIÓN	Banda Rectificada
Energía Eléctrica		Consumo de Energía
Aire Comprimido		Material Particulado
Banda Rectificada	INSPECCIÓN	Banda Inspeccionada
		Banda No Conforme
Banda Inspeccionada	EMPAQUE	Papel, Plástico y Cartón
Energía Eléctrica		Banda Empacada
Blíster-PVC		Consumo de Energía
		Retal PVC
Cartones Identificación		Retal de Cartón

Fuente: Adaptado por los autores,2020. Fuente: Empresa metalmecánica,2020.

13.1.2.2. Sección Materiales de Fricción

Este producto es diseñado especialmente para aplicaciones de freno en la industria pesada. Dada su composición y textura, posee excepcionales propiedades mecánicas así con un estable coeficiente de fricción y bajo desgaste. Sus aplicaciones son para uso de pastillas de freno en prensas en industrias (Motofrenos,2019).

Tabla 25. Caracterización Sección de Materiales de Fricción

Entrada	Proceso	Salida
Energía Eléctrica	PREPARACIÓN DE MATERIALES	Componentes Pesados
Fibras Minerales, Metálicas y Plásticas		Consumo de Energía
		Material Particulado
Componente X	APERTURA FIBRAS (MEZCLADOR)	Fibra Abierta
Energía Eléctrica		Consumo de Energía
		Material Particulado
Componente X	TAMIZADO DE MATERIALES	Componente Tamizado
Tamiz		Material Particulado
Componente X	MOLIDO DE MATERIALES	Componente Molido
Energía Eléctrica		Consumo de Energía
Esferas Metálicas		Material Particulado
Componentes	PESAJE COMPONENTES	Componentes pesados
Recipientes		Consumo de Energía
Báscula		Componentes Mezclados
Componentes Pesados	MEZCLADO	Consumo de Energía
Energía Eléctrica		Material Particulado
Mezcla de fricción		Bolsas Selladas y Dosificadas con Mezcla de Fricción
Bolsas Plásticas	DOSIFICAR MEZCLA	Consumo de Energía
Energía Eléctrica		Material Particulado
Bolsas con Mezcla de Fricción		Teja Prensada
Cera Desmoldante	PRENSADO EN CALIENTE	Gases y Vapores
Energía Eléctrica (122-133° C)		Consumo de Energía
Periódico		Material Particulado
		Tejas no Conformes
Teja Prensada	REFILADO	Teja Refilada
Lija		Consumo de Energía
Energía Eléctrica		Lijas Desgastadas
		Retal de Teja
Teja Refilada	CORTE MÚLTIPLE DE LA TEJA	Material Particulado
Energía Eléctrica		Ferodo
Discos de Pulimiento		Consumo de Energía
		Material Particulado

Entrada	Proceso	Salida
		Ferodo no Conforme
Ferodo	RECTIFICADO	Ferodo Rectificado
		Consumo de Energía
Energía Eléctrica		Material Particulado
		Ferodo no Conforme
Ferodo Rectificado	INSPECCIÓN	Ferodo Conforme- Limpio
Aire Comprimido		Ferodo no Conforme
Energía Eléctrica		Consumo de Energía
		Material Particulado
Ferodo Rectificado y Limpio	EMBALAJE	Ferodo Embalado
Canastillas		Retal de PVC
Cartón, lámina de PVC		Retal de Cartón

Fuente: Adaptado por los autores,2020. Tomado de: Empresa metalmecánica,2020.

13.1.2.3. Sección de Pastillas de Freno

Las pastillas de freno son unas placas metálicas que llevan pegado en una de sus caras un elemento denominado: material de fricción, van instaladas en el interior de las pinzas de freno, que son unos empujadores hidráulicos que actúan sobre la cara metálica de las pastillas de freno haciendo aprisionar con el material de fricción de la cara contraria al disco de freno evitando que este gire; esta fricción provoca un desgaste de las pastillas de frenos (Angulo, 2015.).

Tabla 26. Caracterización Sección de Pastillas de Freno

Entrada	Proceso	Salida
Platina	RECEPCIÓN	Platina Inspeccionada
Mezcla		Mezcla Inspeccionada
Platina Inspeccionada	DESENGRASE	Platina sin grasa
SOAK		Agua residual Contaminada con SOAK
Agua		Consumo de Agua
Energía Eléctrica		Consumo de Energía
		Sólidos Contaminados con SOAK
Platina sin Grasa	SECADO (200°)	Platina Seca
Gas natural		Combustión de Gas Natural
Energía Eléctrica		Consumo de Energía
Platina Seca	GRANALLADO	Platina Granallada
Energía Eléctrica		Consumo de Energía
Aire Comprimido		Material Particulado (Granalla)
Granalla		

Entrada	Proceso	Salida
Platina Granallada	APLANADO	Platina Totalmente plana
Energía		Consumo de Energía
Platina Totalmente Plana	APLICACIÓN DE PEGANTE	Platina con Pegante
Energía Eléctrica		Consumo de Energía
Pistola		Material Particulado (Fricción)
AQUALOCK 6002		Sólidos Contaminados con Aqualock
Agua (Lavado Pegante)		Agua Residual Contaminada con Aqualock
Platina con Pegante	PRENSADO EN FRÍO	Pastilla Prensada en Frío
Energía Eléctrica		Consumo de Energía
Mezcla NON		Material Particulado (Fricción)
Pastilla Prensada en Frío	PRENSADO EN CALIENTE	Pastilla Curada
Cera Desmoldante		Sólidos Contaminados con Cera Desmoldante
Agua		Agua contaminada con Cera Desmoldante
Energía Eléctrica		Consumo de Energía
Platina con Pegante		Gases de Curado del material de Fricción
Energía Eléctrica	PRENSADO POR MOLDE POSITIVO	Gases Generados por el Choque Térmico
Platina con Pegante		Pastilla Curada
Energía Eléctrica		Consumo de Energía
Mezcla Metálica		Material Particulado
Desmoldante		Gases Generados por el Choque Térmico
Agua	Consumo de Agua	
Pastilla Curada	GRATEADO	Pastilla Grateada
Energía Eléctrica		Material Particulado (Polvo Esmeril)
Grata		Consumo de Energía
Pastilla Grateada	SANDBLASTING	Gratas metálicas usadas
Polvo Esmeril		Pastilla Totalmente Limpia
Energía Eléctrica		Material Particulado (Polvo Esmeril)
Aire Comprimido		Consumo de Energía
Pastilla Totalmente Limpia	GRATA	Pastilla Grateada
Energía Eléctrica		Consumo de Energía
Grata		Material Particulado

Entrada	Proceso	Salida
Pastilla Totalmente Limpia	APLICACIÓN DE PINTURA	Pastilla Pintada
Energía Eléctrica		Consumo de Energía
Aire Comprimido		Sólidos impregnados con pintura
Gas Natural		Combustión Gas Natural
Pintura en Polvo		Material Particulado Pintura (Pintura en Polvo)
Pastilla Pintada	RECTIFICADO	Pastilla Rectificada
Energía Eléctrica		Consumo de Energía
Copa Desbaste		Combustión Gas Natural
		Material Particulado (Pintura en Polvo)
Pastilla Rectificada	RANURADO	Pastilla Empacada
Disco Ranurador		Retal de PVC
Energía Eléctrica		Consumo de Energía
		Discos Usados
Pastilla Ranurada	EMPAQUE PRIMARIO	Pastilla Empacada
PVC Transparente		Retal de PVC
Cartones Identificación		Cartones No Conformes
Energía Eléctrica		Consumo de Energía
		Pastillas No Conformes

Fuente: Adaptado por los autores,2020. Tomado de: Empresa metalmecánica,2020.

13.1.2.4. Sección de Pintura

Para el acabado de la pieza se realiza la aplicación de la pintura y luego pasa a horneado o secado. Cuando la pintura es líquida se realizan diluciones para su manejo y se aplica con la ayuda de un compresor de aire, posteriormente pasa a su secado al oreo o en cabinas. Los métodos de pintura son, pintura convencional con aire comprimido a alta o baja presión, procedimientos electrostáticos y métodos de recubrimiento de polvo (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2010)

Tabla 27. Caracterización Sección de Pintura

Entrada	Proceso	Salida
Piezas Inspeccionadas	BAÑOS PREPARACIÓN DE SUPERFICIE	Piezas Selladas
Energía Eléctrica		Consumo de Energía
Agua		Consumo de Agua
Enjuague Frío	BAÑO 1	Agua Residual con Partículas Suspendidas

Entrada	Proceso	Salida
Desengrasante y Sellante Keykote	BAÑO 2	Agua Residual con Grasas Suspendidas y fosfato de Amonio (Keykote)
Caliente- Sellado con Fosfato	BAÑO 3	Agua Residual con Trazas de Fosfato de Amonio
Piezas Selladas	HORNO DE SECADO	Piezas Secas
Energía Eléctrica		Consumo de Energía
Gas Natural		Combustión de Gas Natural
Piezas Secas (50°)	CABINA DE PINTURA ELECTROSTATICA	Piezas Pintadas
Energía Eléctrica		Consumo de energía
Pintura en polvo		Generación de Residuos Sólidos Contaminados con Pintura en Polvo
Aire comprimido		Pintura en Polvo contaminada
		Pintura en Polvo Recuperable
Piezas Pintadas	HORNO DE CURADO	Piezas Curadas
Energía Eléctrica		Consumo de Energía
Gas Natural		Combustión de Gas Natural
Gancheras Pintadas	DESPLAQUE DE GANCHERAS	Gancheras Desplacadas
Cold Strip		Agua Residual Contaminada con Diclorometano (Cold Strip)
Ultracat		Agua Residual Contaminada con Dipropilenglicol (Ultracat)
Agua		Consumo de Agua

Fuente: Adaptado por los autores,2020. Tomado de: Empresa metalmecánica,2020.

13.1.2.1. Sección de Dados

Los dados o bocallaves de impacto, también llamados cubos de impacto, tubos de impacto, tubos de impacto, son dados similares a las llaves de tubo que se utilizan en conjunto con una llave de impacto para ajustar o aflojar rápidamente tuercas y tornillos de cabeza hexagonal. Son piezas muy robustas y duraderas, que soportan grandes esfuerzos de torsión sin deformarse ni partirse y pueden utilizarse, además de con la llave de impacto, con cualquier llave criquet. Sin embargo, se diferencian de los dados, cubos o tubos comunes en el material, las medidas y en la terminación (De máquinas y herramientas, 2020)

Tabla 28. Caracterización sección de datos

Entrada	Proceso	Salida
Varilla 12 x 24	CORTE	Blanco Dado
Energía Eléctrica		Consumo de Energía
Cinta- Sierra		Viruta de Acero
Agua		Consumo de Agua
Refrigerante Blasocut		Agua Contaminada con Refrigerante
Blanco Dado		Cinta- Sierra Rota o Desgastada
Energía Eléctrica	VIBRADO	Blanco Dado Vibrado
Agua		Consumo de Energía
Chip Cerámico		Consumo de Agua
Shampoo Unisheen		Lodo Cerámico con Metal (Hierro)
Dado Vibrado	MARCADOR	Chip Cerámico Desgastado
Energía Eléctrica		Dado Marcado
Dado Marcado	TALADRADO	Consumo de Energía
Energía Eléctrica		Dado Taladrado
Agua		Consumo de Energía
Refrigerante Blasocut		Consumo de Agua
Estopa de Algodón		Agua contaminada con Refrigerante
Dado Taladrado		Sólidos Contaminados con Refrigerante
Energía Eléctrica	ROSCADO	Viruta de Acero
Agua		Dado Roscado
Refrigerante Blasocut		Consumo de Energía
Estopa de Algodón		Consumo de Agua
Dado Roscado		Agua Contaminada con Refrigerante
Energía Eléctrica		Sólidos Contaminados con Refrigerante
Aceite Corte – Puro	AVELLANADO	Viruta de Acero
Estopa de Algodón		Dado Avellanado
Dado Avellanado		Consumo de Energía Eléctrica
Energía Eléctrica		Aceite Contaminado
Aceite Corte- Puro	BROCHADO	Sólidos Contaminados con Aceite
Estopa de Algodón		Viruta de Acero
Dado Avellanado		Dado Brochado
Energía Eléctrica		Consumo de Energía
Aceite Corte- Puro		Aceite Contaminado
Estopas de Algodón	RANURADO	Sólidos Contaminados con Aceite
Dado Avellanado		Viruta de Acero
Energía Eléctrica		Dado Ranurado
		Consumo de Energía

Aceite Corte- Puro		Aceite Contaminado
Estopas de Algodón		Sólidos Contaminados con Aceite
Disco de Corte		Discos Desgastados
Dado Ranurado		Viruta de Acero
Energía Eléctrica (70° C)	DESENGRASE	Dado sin Grasa
Agua		Consumo de Energía
SOAK 028		Consumo de Agua
Dado sin Grasa		Agua Contaminada con SOAK 028 y Grasa
Desbarbadores	INSPECCIÓN	Dado Inspeccionado
		Dado No Conforme

Fuente: Adaptado por los autores,2020. Tomado de: Empresa metalmecánica,2020.

13.1.2.2. Sección de Recuperación de Aluminio

La recuperación de aluminio se da por medio de un tratamiento a las impurezas con la finalidad de cumplir con los requerimientos de calidad de la industria y controlar su composición química, lo anterior es posible mediante la separación de los desechos por familia de materiales (polímeros, ferrosos, no ferrosos), la clasificación del aluminio por tipo de producto (lata, perfil, autoparte, papel) y su fundición de manera independiente para evitar la mezcla de aleaciones. Estos procesos de conversión son críticos pues ayudan a remover elementos no deseados como el silicio, magnesio, níquel, zinc, hierro o cobre en aleaciones de aluminio que no toleran su presencia ya que pueden modificar las características y propiedades del material. Para clasificar el aluminio durante el reciclaje se debe tener en cuenta el tipo de aleación por el diferente grado de tolerancia a impurezas y el origen del residuo de acuerdo con la fuente generadora (Delgado et al, 2015).

Tabla 29. Caracterización Sección de Recuperación de Aluminio

Entrada	Proceso	Salida
Aluminio Fuera de Especificación	RECEPCIÓN ORDEN DE TRABAJO	Aluminio Fuera de Especificación Inspeccionado
Escoria de Aluminio		Escoria de Aluminio Pesada Inspeccionada
Viruta de Aluminio fuera de Especificación		Viruta de Aluminio Inspeccionada
Aluminio Fuera de Especificación	ALISTAMIENTOS DE MATERIALES	Aluminio Fuera de Especificación Pesado
Escoria de Aluminio		Escoria de Aluminio Pesada
Silicio		Silicio Molido y Pesado
Cobre		Cobre Pesado
Energía Eléctrica		Consumo de Energía

Entrada	Proceso	Salida
Aluminio Fuera de Especificación (Engrasado)	DESENGRASE-LIMPIEZA (MEZCLADOR TAMIZ).	Aluminio Fuera de Especificación Limpio
Escoria de Aluminio		Escoria de Aluminio Cernida
Energía Eléctrica		Consumo de Energía Eléctrica
Aluminio Limpio Fuera de Especificación	PESAJE DE CARGA	Aluminio Limpio Fuera de Especificación Pesado
Energía Eléctrica		Consumo de Energía Eléctrica
Aluminio Limpio Fuera de Especificación	FUSIÓN DE ALUMINIO - HORNO	Aluminio Fusionado Fuera de Especificación
Gas Natural		Combustión de Gas Natural
Energía Eléctrica		Consumo de Energía Eléctrica
		Gases y Vapores
Aluminio Fusionado Fuera de Especificación	DESESCORIADO-HORNO	Aluminio Fusionado Fuera de Especificación Desescoriado
Alu Fundex		Escoria de Aluminio
Gas Natural		Combustión de Gas Natural
		Gases y Vapores
Aluminio Fusionado Limpio Fuera de Especificación	AGITACIÓN	Aluminio Agitado Fuera de Especificación
Gas Natural		Combustión de Gas Natural
Aluminio Agitado Fuera de Especificación	REVISIÓN COMPOSICIÓN QUÍMICA- ESPECTOFOTÓMETRO	Muestra de Aluminio Fuera de Especificación
Probeta		Consumo de Agua
Agua		Lijas Desgastadas
Lijas		
Energía Eléctrica		Consumo de Energía Eléctrica
Aluminio Fusionado No Conforme	CÁLCULO DE ADICIONES Y AJUSTE DE COMPOSICIÓN	Consumo de Recursos Naturales
Resultado Composición Química		Aluminio Fusionado Ajustado
Adiciones (Silicio, Cobre, Aluminio)		Combustión de Gas Natural
Gas Natural		Aluminio Fusionado Analizado
Aluminio Fusionado Ajustado	REVISIÓN COMPOSICIÓN QUÍMICA	
Energía Eléctrica		Consumo de Energía Eléctrica
Aluminio Fusionado Conforme	COLADO LINGOTES	
Lingoteras		Aluminio Conforme en Lingotes
Aluminio Conforme en Lingotes	SOLIDIFICACIÓN LINGOTES (ENFRIAMIENTO)	Aluminio Conforme en Lingotes Frío
Aluminio Conforme en Lingotes Frío	DESMOLDEADO LINGOTES	Lingotes Aluminio Conformes

Entrada	Proceso	Salida
Gancheras y Varas		Gancheras y Varas Rotas
Lingotes de Aluminio Conformes	ESTIBADO, IDENTIFICACIÓN Y PESAJE DE LINGOTES	Lingotes Estibados, Identificados y Pesados
Energía Eléctrica		Consumo de Energía Eléctrica
Esmalte Sintético		Envases Vacíos Contaminados con Thinner y Pintura
Thinner		Residuos de Plástico
Vinipel		
Lingotes Pesados		
Estibas		Estibas Rotas

Fuente: Adaptado por los autores,2020. Tomado de: Empresa metalmecánica,2020.

13.1.2.3. Sección de Fundición e Inyección de Aluminio

El proceso de fundición a presión es la inyección bajo alta presión en un molde o herramienta de acero de una aleación de metal fundido, que solidificara rápidamente para formar un componente de forma final que es automáticamente extraído. La fundición en moldes con cámara caliente impone una dificultad especial en el sistema de inyección, porque gran parte de este queda sumergido en el metal fundido. Por esa causa, las aplicaciones del proceso quedan limitadas a metales de bajo punto de fusión que no atacan químicamente al pistón y a otros componentes mecánicos. En este proceso, el émbolo y el cilindro, que forman el mecanismo de inyección se sumergen en el metal fundido que se encuentra en el crisol que es parte integral de la máquina (Bacuilima & Zapatán, 2012).

Tabla 30. Caracterización Sección de Fundición e Inyección de Aluminio

Entrada	Proceso	Salida
Aluminio Aleaciones	RECEPCIÓN DE MATERIAL	Aluminio Inspeccionado
Aluminio Inspeccionado	CARGUE Y FUSIÓN DE ALUMINIO	Aluminio Fusionado
Energía Eléctrica		Consumo de Energía Eléctrica
Gas Natural		Combustión de Gas Natural
Velas de Aluminio		Gases y Vapores
Aluminio Fusionado	LIMPIEZA Y DESGASIFICACIÓN DE ALEACIÓN	Aluminio Fusionado Desescoriado
Energía Eléctrica		Consumo de Energía Eléctrica
Gas Natural		Combustión de Gas Natural
Apartagas		Gases y Vapores
Alu Fundex		Escoria de Aluminio
Aluminio Fusionado Desescoriado	PRECALENTAR MOLDE	Molde Precalentado
Gas Propano		
Antorcha		Combustión de Gas Natural

Entrada	Proceso	Salida
Aluminio Fusionado	INYECCIÓN DE ALUMINIO	Producto y Vela Inyectada
Energía Eléctrica		Consumo de Energía
Aire Comprimido		Combustión de Gas Natural
Gas Natural		Gases y Vapores
Silicona		Consumo de Agua
Agua		Desperdicio de Aluminio Contaminado con Aceite
Aceite Lubricante		Residuos Sólidos Contaminados con Aceite
Estopa de Algodón		
Producto y Vela Inyectada		APLICAR TRENEX- AGARRERES MOLDE
Brochas	Residuos Sólidos Contaminados con Sustancias Tóxicas	
Trenex Gris	Agua con Desmoldante	
Trenex Negro	Producto Desbarbado	
Producto Inyectado con Vela	ENFRIAMIENTO (VENTILADOR)Y DESBARBADO	Consumo de Energía
Energía Eléctrica		Bolsa de Aire Aluminio
Aire Comprimido		Vela de Aluminio
		Desperdicio de Aluminio Contaminado con Aceite
Producto Desbarbado	VERIFICACIÓN	Producto Conforme
		Producto No Conforme

Fuente: Adaptado por los autores,2020. Tomado de: Empresa metalmecánica,2020.

13.1.2.4. Sección de Pedales de Encendido

Consiste en la fabricación del pedal de arranque de la motocicleta. Los cuales se conocen como los Mandos a partir de una palanca accionada por el pie; en los vehículos de motor se emplean pedales para accionar los frenos, el embrague y el acelerador (Empresa Metalmecánica, 2019).

Tabla 31. Caracterización Sección de Pedales de Encendido

Entrada	Proceso	Salida
Rótula	TORNEADO CNC	Rótula Torneada
Energía Eléctrica		Consumo de Energía
Agua		Consumo de Agua
Refrigerante		Agua Contaminada con Refrigerante
		Viruta de Acero
Rótula Torneada	BROCHADO CARAS	Rótula Brochada

Entrada	Proceso	Salida
Energía Eléctrica		Consumo de Energía
Aceite de Corte		Aceite Contaminado
Estopas de Algodón		Estopas Contaminadas con Aceite
		Virutas de Acero
Rótula Brochada	PERFORADO PREBROCHADO	Rótula Perforada Prebrochado
Energía Eléctrica		Consumo de Energía
Agua		Consumo de Agua
Refrigerante Multan		Agua Contaminada con Refrigerante
Brocas		Brocas Rotas y Desgastadas
		Viruta de Acero
Rótula Pre Brochada	PERFORADO BALIN	Rotulada con Perforado Balín
Energía Eléctrica		Consumo de Energía
Agua		Consumo de Agua
Refrigerante Multan		Agua Contaminada con Refrigerante
Brocas		Brocas Rotas y Desgastadas
		Viruta de Acero
Rotulada con Perforado Balín	AVELLANADO	Rótula Avellanada
Energía Eléctrica		Consumo de Energía
		Viruta de Acero
Rótula Avellanada	FRESADO	Rótula Frezada
		Viruta de Acero
Rótula Frezada	BROCHADO	Rótula Brochada
Energía Eléctrica		Consumo de Energía
Aceite de Corte		Aceite Contaminado
Estopas de Algodón		Estopas Contaminadas
Rótula Brochada	PERFORADO CAJA PRESIÓN	Rótula Perforada
Energía Eléctrica		Consumo de Energía
Agua		Agua Contaminada con Refrigerante
Refrigerante Multan		Brocas Rotas y Desgastadas
Brocas		Viruta de Acero
		Consumo de Agua
Rótula Perforada	RANURADO	Rótula Ranurada
Energía Eléctrica		Consumo de Energía
Agua		Consumo de Agua
Refrigerante Multan		Agua Contaminada con Refrigerante
Disco de Corte		Viruta de Acero
Rótula Ranurada		Rótula sin Rebaba
Energía Eléctrica	ELIMINACIÓN DE REBABA	Consumo de Energía

Entrada	Proceso	Salida
Aire Comprimido		Rebaba
Rótula sin Rebaba	LAMINADO	Rótula Laminada
Energía Eléctrica		Consumo de Energía
Aceite de Corte		Aceite Contaminado
Estopas de Algodón		Estopas Contaminadas con Aceite
Machi de Laminación		Macho de Laminación Desgastado
Rótula Laminada	SECADO	Rótula Seca
Estopas de Algodón		Estopa Contaminada con Aceite
Patada	BROCHADO CARAS	Patada con Cara Brochada
Energía Eléctrica		Consumo de Energía
Aceite de Corte		Aceite Contaminado
Estopas de Algodón		Estopas Contaminadas con Aceite
Patada con Cara Brochada		Viruta de Acero
Energía Eléctrica	BROCHADO FRONTAL	Patada con Frente Brochado
Aceite de Corte		Consumo de Energía
Estopas de Algodón		Aceite Contaminado
Patada con Frente Brochado		Estopa Contaminada con Aceite
Energía Eléctrica		Viruta de Acero
Agua	PERFORADO ENSAMBLE	Patada con Perforado Ensamble
Refrigerante Multan		Consumo de Energía
Brocas		Consumo de Agua
Patada con Perforado Ensamble		Agua Contaminada con Refrigerante
Energía Eléctrica		Brocas Rotas y Desgastadas
Agua	PERFORADO BALIN	Viruta de Acero
Refrigerante Multan		Patada con Perforado Balín
Patada con Perforado Balín		Consumo de Energía Eléctrica
Energía Eléctrica		Consumo de Agua
Agua		Agua Contaminada con Refrigerante
Refrigerante Multan	AVELLANADO	Patada Avellanada
Patada Avellanada		Consumo de Energía
Energía Eléctrica		Viruta de Acero
Aire Contaminado	ESMERILADO	Patada Esmerilada
Disco de Corte		Consumo de Energía
Patada Esmerilada		Discos Desgastados
Energía Eléctrica	MARCACIÓN	Rebaba
Patada Marcada		Patada Marcada
Estopas	SECADO	Consumo de Energía
Patada		Patada Seca
	COLOCAR CAUCHO	Estopas Contaminadas con Aceite
		Patada con Caucho

Entrada	Proceso	Salida
Caucho	COLOCAR RESORTE	Consumo de Energía
Energía Eléctrica		Caucho No Conforme
Patada con Caucho		Patada con Resorte
Grasa Kote		Sólidos Contaminados con Grasa
Resorte	COLOCAR BALIN	Patada con Balín
Patada con Resorte		
Balín		
Patada con Balín	ENSAMBLE	Patada y Rótula Ensambladas
Patada		
Rótula		
Patada y Rótula Ensambladas		
Martillo de Goma	AJUSTAR LA PIEZA	Pedal Ajustado
Pedal Ajustado	COLOCAR ARANDELA	Pedal con Arandela
Arandela		
Pedal con Arandela	COLOCAR PIN SEGER	Pedal con Pin Seger
Pin Seger		
Pedal con Pin Seger	REVISAR ENSAMBLE	Pedal Revisado
Pedal Revisado		Pedal No Conforme
Tornillo	COLOCAR TORNILLO	Pedal con Tornillo
Pedal con Tornillo		
Bolsa Plástica	EMPACAR	Pedal Empacado
Pedal Empacado y Etiqueta		Retal de Plástico
Pedal en Bolsa con Etiqueta	ETIQUETA	Pedal en Bolsa con Etiqueta
Pedal en Bolsa con Etiqueta	SELLADO	Pedal en Bolsa Sellada
Energía Eléctrica		Consumo de Energía Eléctrica

Fuente: Adaptado por los autores,2020. Tomado de: Empresa metalmecánica,2020.

13.1.2.5. Sección de Galvanoplastia

La Galvanoplastia es una rama de la industria metal-mecánica, dedicada al tratamiento de superficies metálicas o plásticas con materiales diversos tales como: cadmio, cobre, níquel, estaño, oro, plata, plomo o zinc mediante procesos electrolíticos, los cuales persiguen uno o varios de los siguientes propósitos: Protección contra la corrosión, embellecimiento, aumento de la durabilidad, mejoramiento de propiedades superficiales tales como, resistencia, espesor conductividad, lubricación, capacidad de estampado, etc (Izurieta, S.F, pág. 7).

Tabla 32. Caracterización Sección de Galvanoplastia

Entrada	Proceso	Salida
Producto Semielaborado	RECEPCIÓN E INSPECCIÓN	Producto Conforme
Producto (Varias Referencias)		Producto No Conformes
Agua	DESENGRASE	Producto Desengrasado
SOAK 028		Consumo de Agua
		Agua Contaminada con SOAK 028 Y Grasa
Producto Impregnado con SOAK 028	ENJUAGUE	Producto Enjuagado
Agua		Consumo de Agua
		Agua contaminada con Trazas de SOAK 028 y Grasa
Producto Enjuagado	DECAPADO NIQUEL	Producto Decapado
Agua		Consumo de Agua
Ácido Clorhídrico		Agua Contaminada con Ácido Clorhídrico y Partículas de Soldadura
Producto Decapado con Trazas de Ácido	ENJUAGUE	Producto Enjuagado
Agua		Consumo de Agua
		Agua Contaminada con Trazas de Ácido Clorhídrico y Partículas de Soldadura
Producto Enjuagado	DESENGRASE ELECTROLÍTICO	Producto Desengrasado
Agua		Consumo de Agua
Ultraclean AI		Agua Contaminada con Ultraclean
Energía Eléctrica		Consumo de Energía Eléctrica
Producto con Trazas de Ultraclean	ENJUAGUE	Producto Enjuagado
Agua		Consumo de Agua
		Agua Contaminada con Trazas Ultraclean AI
Producto Enjuagado	NEUTRALIZADO	Producto Neutralizado
Agua		Consumo de Agua
Ácido Clorhídrico		Agua Contaminada con Ácido Clorhídrico
Producto Neutralizado con Trazas de Ácido	ENJUAGUE	Producto Enjuagado
Agua		Consumo de Agua
		Agua Contaminada con Ácido Clorhídrico
Producto Enjuagado	NIQUEL SEMIBRILLANTE	Producto Semibrillante
Agua		Consumo de Agua
Sulfato de Níquel		

Entrada	Proceso	Salida
Cloruro de Níquel		Agua Contaminada con Sulfato y Cloruro de Níquel, Ácido Bórico y Aditivos Nimac
Ácido Bórico		Níquel Recuperable
Aditivos Nimac		Consumo de Energía
Energía Eléctrica		Producto Brillante
Producto Semibrillante	NIQUEL BRILLANTE	Consumo de Agua
Agua		Agua Contaminada con Sulfato y Cloruro de Níquel, Ácido Bórico y Aditivos Nimac
Sulfato de Níquel		
Cloruro de Níquel		
Ácido Bórico		Níquel Recuperable
Aditivos Nimac		
Producto Brillante	DOBLE ENJUAGUE	Producto Enjuagado
Agua		Consumo de Agua
		Agua Residual Contaminada con Trazas de Sulfato y Cloruro de Níquel, Ácido Bórico y Aditivos Nimac
Producto Enjuagado	CROMATIZADO	Producto Cromatizado
Agua		Consumo de Agua
Cromo		Agua Contaminada con Cromo, Sal y Aditivos Trimac
Sal Conductora		Consumo de Energía
Aditivos Trimac		Cromo Recuperado
Energía Eléctrica		
Producto Cromatizado	ENJUAGUE FRÍO	Producto Enjuagado en Frío
Agua		Consumo de Agua
		Agua Contaminada con Trazas de Cromo, Sal y Aditivos Trimac
Producto Enjuagado en Frío	ENJUAGUE CALIENTE	Producto Enjuagado en Caliente
Agua		Consumo de Agua
Energía Eléctrica		Consumo de Energía
		Agua Contaminada con Trazas de Cromo, Sal y Aditivos Trimac
Producto Enjuagado en Caliente	SECADO	Producto Seco
Energía Eléctrica		Consumo de Energía Eléctrica
Aire Comprimido		
Producto Semielaborado	RECEPCIÓN PIEZAS E INSPECCIÓN	Producto Conforme
		Producto No Conforme
Producto (Varias Referencias)	DESENGRASE	Producto Desengrasado
Agua		Consumo de Agua
SOAK 028		Agua Contaminada con SOAK 028

Entrada	Proceso	Salida
Producto Desengrasado	ENJUAGUE	Producto Enjuagado
Agua		Consumo de Agua Agua Contaminada con Trazas de SOAK 028
Producto Enjuagado	DESOXIDANTE (LIMPIADOR)	Producto con Superficie Limpia
Agua		Consumo de Agua
Bonderite		Agua Contaminada con Bonderite
Producto sin Desoxidante	ENJUAGUE	Producto Enjuagado
Agua		Consumo de Agua
		Agua Contaminada con Trazas de Bondarite
		Partículas Óxido de Hierro
Producto Enjuagado	DECAPADO	Producto Decapado
Agua		Consumo de Agua
Ácido Clorhídrico		Agua Contaminada con Ácido Clorhídrico
Producto Decapado	ENJUAGUE	Producto Enjuagado
Agua		Consumo de Agua
		Agua Residual Contaminada con Trazas de Ácido Clorhídrico
Producto Enjuagado	BRILLO DE ESFERAS	Producto Brillado
Agua		Consumo de Agua
Esferas		Agua Residual Contaminada con Trazas de Aluminio y Hierro
Producto Brillado	ENJUAGUE	Producto Enjuagado
Agua		Consumo de Agua
		Agua Residual Contaminada con Trazas de Metal
Producto Enjuagado	NEUTRALIZADO ZINC	Producto Neutralizado
Agua		Consumo de Agua
Ácido Nítrico		Agua Residual Contaminada con Ácido nítrico
Producto Neutralizado	DOBLE ENJUAGUE	Producto Enjuagado
Agua		Consumo de Agua
		Agua Residual Contaminada con Trazas de Ácido Nítrico
Producto Enjuagado	ZINCADO ÁCIDO	Producto Cincado
Agua		Consumo de Agua
Cloruro de Potasio		Agua Residual Contaminada con Cloruro de Potasio y Zinc, Ácido Bórico y Aditivos Duzinc
Cloruro de Zinc		
Ácido Bórico		
Aditivos Duzinc		

Entrada	Proceso	Salida
Energía Eléctrica		Consumo de Energía Eléctrica
Producto Cincado	ENJUAGUE	Producto Enjuagado
		Consumo de Agua
Agua		Agua Residual Contaminada con Trazas de Cloruro de Potasio y Zinc, Ácido Bórico y Aditivos Duzinc
Producto Enjuagado	PASIVADO COLOR	Producto Pasivado
Producto Pasivado	BLANCO	Producto Pasivado
Agua		Consumo de Agua
Fluoruro de Sodio		Agua Residual Contaminada con Fluoruro de Sodio y Dicromato de Sodio
Dicromato de Sodio		
Producto Pasivado		Producto Pasivado
Agua	IRIDISCENTE	Consumo de Agua
Tripass		Agua Residual Contaminada con Tripass
Producto Pasivado		Producto Pasivado
Agua	AZUL	Consumo de Agua
Azul Zinc 2005		Agua Residual Contaminada con Azul Zinc
Producto Pasivado		Producto Pasivado
Agua	VERDE	Consumo de Agua
Iridite 4300		Agua Residual Contaminada con Azul Zinc
Producto Pasivado		Producto Pasivado
Agua	NEGRO	Consumo de Agua
UltraBlack		Agua Residual Contaminada con Ultrablack
Producto Pasivado		Producto Pasivado
Energía Eléctrica	SECADO	Producto Seco
Aire Comprimido		Consumo de Energía Eléctrica

Fuente: Adaptado por los autores,2020. Tomado de: Empresa metalmecánica,2020.

13.1.2.6. Sección de Soldadura

Es el proceso por medio del cual se unen de manera rígida dos o más piezas metálicas a través de la fusión del mismo metal o mediante un material compatible con el de los segmentos soldados, que funciona como adherente definitivo entre ellos. Además de las piezas sometidas a soldadura, en este proceso participa: una fuente de fusión o equipo de soldadura, una o más barras o elementos metálicos a fundir, una dosificación de sustancias coadyuvantes de la limpieza y adherencia de los elementos a soldar y un operador calificado (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2010).

Tabla 33. Caracterización Sección de Soldadura

Entrada	Proceso	Salida
Blanco	SOLDAR DADO CARAS	Blanco y Dado Soldados
Dado		Consumo de Energía
Energía Eléctrica Aga Mix 25		Humos Metálicos-Peligrosos
Soldadura Mig 0,8 mm		Pepa de Soldadura
Estopa		Estopa Usada (Limpieza Polvo)
Blanco y Dado Soldados	SOLDAR REMACHE	Blanco, Dado y Remache Soldados
Remache		Consumo de Energía
Energía Eléctrica		Humos Metálicos-Peligrosos
Soldadura		Pepa de Soldadura
Estopa		Estopa usada (Limpieza Polvo)
Blanco, Dado y remache Soldados	SOLDAR TACON	Palanca de Cambio Soldado
Tacón		Consumo de Energía Eléctrica
Energía Eléctrica		Humos Metálicos-Peligrosos
Aga Mix 25		Pepa de Soldadura
Soldadura Mig 0,8 mm		Estopa Usada (Limpieza polvo)
Estopas		
Palanca de Cambio Soldada	INSPECCIÓN	Palanca de Cambio Inspeccionada
		No Conformes
Palanca de Cambio Inspeccionada	COLOCAR CAUCHO	Palanca con Caucho
Caucho		Caucho No Conforme
Palanca de Cambio Terminada	EMPAQUE	Palanca de Cambio Empacada
Energía Eléctrica		Consumo de Energía
Bolsas Plásticas		Retal de Plástico, Papel y Cartón
Etiquetas		Etiquetas Dañadas o No conformes
Tubo	DOBLEZ	Tubo Doblado
Energía Eléctrica		Consumo de Energía
Tubo Doblado	ABOCARDADO	Tubo Abocardado
		Consumo de Energía
Energía Eléctrica		Viruta de Acero
Tubo Abocardado	CORTE SOBRANTE	Tubo Cortado de Acuerdo con la Referencia
Energía Eléctrica		Consumo de Energía
Agua		Consumo de Agua
Refrigerante Blasocut BC 940W		Agua Contaminada con Refrigerante
Disco de Corte		Discos Desgastados
		Viruta de Acero

Entrada	Proceso	Salida
Tubo Cortado de Acuerdo con la Referencia	SOLDAR BUJE	Buje y Tubo Soldado
Buje		Consumo de Energía
Energía Eléctrica		Humos y Gases Peligrosos
Stargold		Humos Metálicos-Peligrosos
Soldadura Mig 0,9 mm		Pepa de Soldadura
Buje y Tubo Soldado	SOLDAR CARAS DE BRAZO	Buje, Tubo, Brazo y Tacón Soldado
Brazo		Consumo de Energía
Energía Eléctrica		Humos y Gases Peligrosos
Stargold		Humos Metálicos- Peligrosos
Soldadura Mig 0,9 mm		Pepa de Soldadura
Buje, Tubo y Brazo Soldados	SOLDAR TACON	Buje, Tubo, Brazo y Tacón Soldado
Tacón		Consumo de Energía
Energía Eléctrica		Humos y Gases Peligrosos
Stargold		Humos Metálicos-Peligrosos
Soldadura Mig 0,9 mm		Pepa de Soldadura
Pedal de Freno Soldado	GRATEADO	Pedal de Freno Grateado
Energía Eléctrica		Consumo de Energía
Grata de Alambre		Viruta de Acero
		Grata de Alambre Desgastada
Pedal de Freno Terminado	INSPECCIÓN	Pedal de Freno Inspeccionado
Galga de Control		Pedal de Freno no Conforme
Pedal de Freno Inspeccionado	BROCHADO	Pedal de Freno Brochado
Energía Eléctrica		Consumo de Energía
Brocha		Brochas Desgastadas
Aceite de Corte Maquin W		Aceite Contaminado
Aserrín		Aserrín Contaminado
Estopas		Estopas Contaminadas
Pedal de Freno Inspeccionado	EMPAQUE	Pedal de Freno Empacado
Energía Eléctrica		Consumo de Energía
Bolsas Plásticas		Retal de plástico, Papel y Cartón
Etiquetas		Etiquetas Rotas y No Conformes

Fuente: Adaptado por los autores,2020. Tomado de: Empresa metalmecánica,2020.

13.1.3. EcoMapa

Una vez realizado el Diagnóstico actual de la empresa el cual permitió recopilar información que estableció las bases para el diseño y construcción del eco-mapa, donde se identificaron los puntos críticos de la empresa pertenecientes al área de producción, ya que como ya se mencionó previamente, es allí donde se llevan a cabo los diferentes procesos productivos. A continuación, en la siguiente tabla se puede observar algunos de los datos suministrados por la empresa concernientes a los consumos actuales registrados para cada proceso identificado.

Tabla 34. Datos de consumo de la empresa

Secciones	Consumo de energía kWh/mes	%	Consumo de agua m3/mes	%	Generación de residuos kg/mes	%	Consumo de Gas Natural m3/mes	%	Agua Residual m3	%	Materia prima	%
1 Bandas para Frenos	1092,7	6,0	115	38,3	1456,9	38,7	728,5	15,2	22	26,2	5987,30	22,33
2 Materiales de Fricción	1998,6	11,0	0	0,0	1005,6	26,7	0	0,0	0	0,0	863,98	2,65
3 Pastillas para frenos	1843,5	10,1	40	13,3	859,8	22,8	1167	24,3	14	16,7	5531,37	17,87
4 Pintura	1856,3	10,2	30	10,0	84,6	2,2	1079	22,5	12,2	14,5	2978,04	8,82
5 Dados	1786,7	9,8	25	8,3	60,6	1,6	0	0,0	9,1	10,8	1965,12	6,02
6 Recuperación de Aluminio	1978,5	10,9	0	0,0	57,2	1,5	1045	21,8	0	0,0	2817,66	8,33
7 Fundición e Inyección de aluminio	1863,3	10,2	20	6,7	59,6	1,6	773,7	16,1	6,2	7,4		0,00
8 Sección de pedales de encendido	1978,4	10,9	0	0,0	63,4	1,7	0	0,0	0	0,0	2426,43	7,13
9 Galvanoplastia	1834,2	10,1	70	23,3	56,3	1,5	0	0,0	20,5	24,4	5187,71	16,51
10 Soldadura	1976,1	10,9	0	0,0	60,6	1,6	0	0,0	0	0,0	3369,92	10,33
TOTAL	18208,3	100	300	100,0	3764,6	100	4793,2	100	84	100	32624,73	100

Fuente: Elaboración de autores, 2020

Es importante Resaltar que la materia prima usada principalmente para las múltiples labores diarias al interior de la empresa, se compone en su mayoría de aluminio galvánico, donde en el proceso de recuperación de aluminio se logra reincorporar a través de diferentes tratamientos gran parte del aluminio que se utilizó en otros procesos, en donde 20% del aluminio es recuperado en Bandas, 15% en pastillas 40% en soldadura 50% en galvanoplastia y 5% en dados, y no registra ningún porcentaje de recuperación en materiales de fricción, debido a que en este proceso no entra aluminio. En las siguientes tablas, se observan los porcentajes de recuperación de aluminio y los porcentajes de materia prima de los procesos de Bandas, Materiales de Fricción, Pastillas, Sección de pedales de encendido y dados, con relación a la cantidad de piezas fabricadas al mes. Por otro lado, el dato suministrado por la empresa para el concepto de generación de residuos involucra residuos tanto Peligrosos como ordinarios, esto respondiendo principalmente a que para la empresa esta información concerniente al tipo de residuos, clasificaciones o incluso especificaciones del residuo generado en términos cuantificables, generados en la empresa, producto de las operaciones generales de la empresa es de carácter relevante y confidencial.

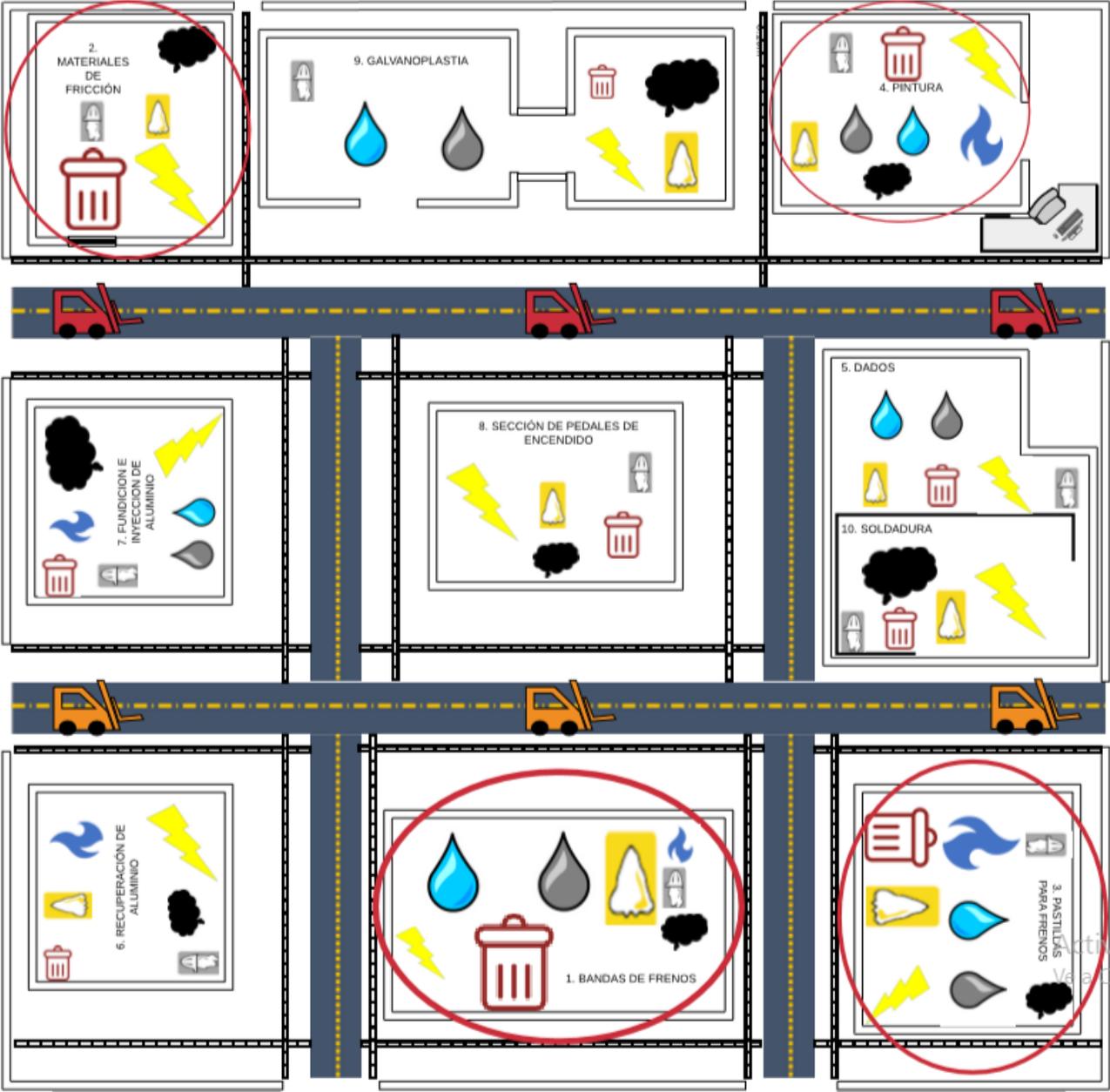
Tabla 35. Procesos de consumos ordenados de mayor a menor

	Agua 	Energía eléctrica 	Residuos 	Gas natural 	Agua Residual 	Materia prima: 
+	Bandas para frenos	Materiales de fricción	Bandas para freno	Pastillas para freno	Bandas para frenos	Bandas para freno
De mayor a menor	Galvanoplastia	Recuperación de aluminio	Materiales de fricción	Pintura	Galvanoplastia	Pastillas para freno
	Pastillas para freno	Sección de pedales	Pastillas para frenos	Recuperación de aluminio	Pastillas para freno	Galvanoplastia
	Pintura	Soldadura	Pintura	Fundición e Inyección de aluminio	Pintura	Soldadura
	Dados	Pintura	Sección de pedales de encendido	Bandas para freno	Dados	Pintura
	Fundición e inyección de aluminio	Fundición e Inyección de aluminio	Dados		Fundición e inyección de aluminio	Recuperación de aluminio
		Pastillas para freno	Fundición e Inyección de aluminio			Sección de pedales de encendido
		Galvanoplastia	Soldadura			Dados
		Dados	Recuperación de aluminio			Materiales de fricción
		Pastillas para frenos	Galvanoplastia			

Fuente: Elaboración de autores, 2020

En la siguiente Figura se observa un Ecomapa del área de producción de la empresa, en donde se observan diez procesos a grandes rasgos y por los cuales algunos de los productos son sometidos en su proceso de fabricación. Es importante señalar que para la construcción del ecomapa se dispuso de una representación visual que permite identificar los procesos productivos en donde se generan emisiones, pese a que no fue posible contar con esta información por parte de la empresa.

Figura 16. Ecomapa



Convenciones

- Mano de Oobra
- Consumo de Agua
- Consumo Energético
- Agua Residual
- Generación de Residuos
- Emisiones
- Materias Primas
- Gas Natural

Siendo el ecomapa una Herramienta Diagnóstica y cualitativa que nos permite identificar las áreas críticas en donde se centran los principales puntos donde se genera mayor consumo de Recursos Naturales (Silva, 2017). A través del Ecomapa de los procesos realizados en la empresa, se evidencia que el área más crítica de la parte productiva es el proceso de bandas para Freno. Debido a que es el proceso productivo que requiere de una mayor demanda de recursos naturales, materia prima e insumos, registrando altos consumos de agua (115 m³/mes), aguas residuales (22 m³/mes), materia prima (5987,30 kg/mes) y residuos (1456,9 Kg/mes), esto atribuido principalmente a que las bandas para frenos es uno de los productos más elaborados por la empresa, gracias a su gran demanda. Por tal razón el proceso de bandas para freno es el eje de nuestra atención, para plantear posibles alternativas que busquen la mejora de este proceso.

13.1.4. Ecobalance

Una vez que se ha recopilado la información, y se han conocido los diferentes procesos productivos de la empresa a través de herramientas como lo son el ecomapa y las tablas de descripción y caracterización de los procesos. Se procedió a realizar un eco balance, herramienta diagnóstica de carácter cuantitativo, enfocada en la recopilación de información que permita conocer la eficiencia de los procesos en términos de producción, resaltando la participación de los recursos que son empleados durante el proceso (Arrieta, 2015). Posteriormente se realizó el eco balance del proceso productivo de bandas para freno, para establecer la eficiencia de este proceso, y así poder conocer cómo contribuye la alternativa propuesta.

13.1.4.1. Ecobalance sección de bandas

En el ecobalance se definen las operaciones del proceso de sección de bandas de freno como verificación de la calidad zapata, mecanizado taladrado y fresado, desengrase, enjuague 1 y 2, secado, granallado, enjuague 3 y 4, secado, verificación material de fricción, aplicación del pegante, secado, ensamble, horno de curado, desensamble, rectificado lateral, rectificado de chaflán, ensamble de resortes, rectificado de diámetro, inspección y empaque (Ver tabla 30).

Tabla 36.Elaboración Bandas de Freno

ETAPA	DESCRIPCIÓN
VERIFICACIÓN CALIDAD ZAPATA	Están formadas por dos placas de acero en forma de media luna sobre las que van fijados los forros (ferodo), encargados de detener el vehículo. Los forros se fijan a las zapatas mediante remaches o adhesivos. Las zapatas se caracterizan por el auto reforzamiento de las zapatas de freno primarias, la disminución de la fuerza de accionamiento con respecto al freno de disco, las capacidades de ser sensibles a las oscilaciones del coeficiente de rozamiento y temperatura (Grefa et al, 2012). Las zapatas de freno están formadas por dos chapas de acero soldadas en forma de media luna y recubiertas en su zona exterior por los ferodos o forros de freno, que son los encargados de efectuar el frenado por fricción con el tambor (Grefa et al, 2012)

ETAPA	DESCRIPCIÓN
<p>MECANIZADO TALADRADO Y FRESADO</p>	<p>Mecanizado Esta operación incluye procesos de sustracción y de formado. En el primer caso se presenta el fresado, torneado, entre otras y en las operaciones de formado se realiza deformación, doblado, entre otros (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2010.).</p> <p>Fresado En esta operación la fresa se mueve con la velocidad de rotación requerida mientras la pieza a maquinar realiza un pequeño movimiento de avance. Se utiliza para dar acabado a superficies planas y para maquinar dientes de engranajes, ranuras y cuñeros principalmente (Alcaldía Mayor de Bogotá,2010).</p> <p>Taladrado El principio de la operación es perforar o hacer un agujero en una pieza de cualquier material. Al taladrar metales se produce una fricción muy grande y por esta razón es recomendable refrigerar con taladrina. Este es un líquido refrigerante compuesto de agua, aceite, antioxidantes y antiespumantes, entre otros (Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, 2007).</p>
<p>DESENGRASE</p>	<p>El desengrase elimina las grasas y los aceites de la superficie de las piezas provenientes del tratamiento mecánico y puede efectuarse de dos maneras. Utilizando solventes orgánicos y utilizando soluciones alcalinas con poder emulsificador (CNPML, 2002).</p>
<p>ENJUAGUE 1, 2, 3, 4 y 5</p>	<p>Los enjuagues se realizan con la finalidad de preparar las piezas metálicas para la aplicación de pintura líquida y en polvo. Se utilizan en base ácida o alcalina, con aditivos de baja alcalinidad para la limpieza de aluminio, aceros al carbono e inoxidable, latón, cromo, zamac, etc (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2010).</p>
<p>SECADO</p>	<p>Es un proceso de eliminación de sustancias volátiles (humedad) para producir un producto sólido seco. La humedad se presenta como una solución líquida dentro del sólido, es decir; en la microestructura de este. Cuando un sólido húmedo es sometido a secado térmico, dos procesos ocurrirán simultáneamente. Primero habrá transferencia de energía de los alrededores para evaporar la humedad de la superficie y segundo habrá transferencia de la humedad interna hacia la superficie del sólido (Vázquez, 2004)</p> <p>Se puede realizar es secado de 2 formas por medio de evaporación o por vaporización.</p> <p>Por medio de evaporación se da cuando la presión del vapor de la humedad en la superficie del sólido es igual a la presión atmosférica. Esto se debe al aumento de temperatura de la humedad hasta el punto de ebullición. Por medio de vaporización se lleva a cabo por convección, pasando aire caliente sobre el producto. El aire es enfriado por el producto y la humedad es transferida hacia el aire (Vázquez, 2004).</p>
<p>GRANALLADO</p>	<p>El proceso de granallado es una técnica de tratamiento superficial por impacto con el cual se puede lograr un excelente grado de limpieza y simultáneamente una correcta terminación superficial en una amplia gama de piezas metálicas y no metálicas (CYM MATERIALES SA, s.f.).</p>

ETAPA	DESCRIPCIÓN
PASIVADO	El pasivado es un tratamiento superficial que se realiza con productos químicos a los aceros inoxidable para renovar la capa pasiva que es la que protege al acero de la corrosión. Esta capa es diferente en cada grado de acero inoxidable, hay grados con capa pasiva más resistente que la de otros y por lo tanto la resistencia a la corrosión en general del acero inoxidable depende de la integridad de la capa pasiva (Aceros Cartago S.A, 2015).
VERIFICACIÓN MATERIAL DE FRICCIÓN	Es la resistencia al movimiento que existe entre dos objetos en contacto. Existe muchos tipos de fricción, pero el tipo de deslizamiento seco ofrece la mayor resistencia al movimiento. La fricción es la fuerza que se opone al movimiento entre dos objetos que se encuentran en contacto (Grefa et al, 2012).
APLICACIÓN DE PEGANTE	La adhesión se debe a un anclaje del polímero (adhesivo) en los poros y rugosidades superficiales del sustrato (Madrid, s.f.). Donde el pegante es aplicado manualmente con una pistola de aire comprimido a gran velocidad.
ENSAMBLE O ARMADO	Consiste en el ensamble final de las diferentes piezas componentes del producto. La soldadura de piezas según el caso puede ser parte del armado. Se consideran los ajustes, remachados, amarres, atornillamientos, empalmes, apuntalamientos y conexiones de carácter eléctrico, mecánico y estructural (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2010).
HORNO DE CURADO	En esta área los soportes son pegados a un material de fricción para el soporte que lleva impregnado el material de adhesión y posteriormente este material de fricción se expone a altas temperaturas a partir de una placa caliente.
DESENSAMBLE	Desmante de las piezas que se obtienen de la placa caliente
RECTIFICADO LATERAL	En esta etapa se mejora la tolerancia dimensional y el acabado de la pieza. Donde se rectifica el lado de una pieza (Escuela Técnica Superior de Ingeniería Bilbao, 2014).
RECTIFICADO DE CHAFLAN	El rectificado es empleado para generar geometrías achaflanadas simples o dobles en sustratos de metal duro. El propósito de estos chaflanes es reducir el riesgo de astillamiento y aumentar la estabilidad del filo. Con el fin de evitar defectos en el acabado (Edurne & López, 2018)
ENSAMBLE DE RESORTES	En esta etapa se ensambla dos resortes en cada extremo de la pieza para así darle el soporte necesario a la banda
RECTIFICADO DE DIÁMETRO VERIFICACIÓN	En esta etapa se montan las piezas en un torno de precisión para frenos automotriz. En donde la máquina se encarga de desgastar las bandas de frenado, es decir, las caras del disco y la pista de frenado del tambor, con el fin de eliminar aquellas irregularidades causadas en el proceso productivo
INSPECCIÓN	Se realiza la operación de inspección de todas las unidades, verificando medidas y posibles defectos, la unidad que no cumple se rechaza y se destruye, las que cumplen continúan el proceso de fabricación (Serna, 2012).
EMPAQUE	En esta etapa intervienen muchos aspectos como son la protección, el marketing, la seguridad, la comodidad, la comunicación, etc. En resumen, se puede definir como la ciencia y arte de presentar un producto en las mejores condiciones para su protección, venta, uso, almacenamiento y distribución (PROCOLOMBIA, 2016).

Fuente: Elaboración de los autores,2020

Figura 17. Ecobalance Proceso Bandas de Freno



$$Eficiencia = \frac{(Materia\ prima) - (Residuos)}{Materia\ prima}$$

Eficiencia del proceso (Relación materia prima y agua):

En 1m³ de agua hay 997 kg (Densidad del agua)

$$115 \frac{m^3}{mes} * 997 \frac{kg}{mes} = 114655 \text{ Kg/mes}$$

$$22 \frac{m^3}{mes} * 997 \frac{kg}{mes} = 21934 \text{ Kg/mes}$$

Eficiencia de proceso (Materia prima y agua)

$$\frac{\left(5987,3 \frac{kg}{mes} + 114655 \frac{kg}{mes}\right) - \left(21934 \frac{kg}{mes}\right)}{\left(5987,3 \frac{kg}{mes} + 114655 \frac{kg}{mes}\right)}$$

$$Eficiencia = 79\%$$

Eficiencia del proceso (Relación materia prima y residuos):

$$\frac{\left(5987,3 \frac{kg}{mes}\right) - \left(1456,9 \frac{kg}{mes}\right)}{\left(5987,3 \frac{kg}{mes}\right)}$$

Eficiencia = 75%

Eficiencia promedio: 77%

Fuente: Elaboración de los autores,2020

Siendo bandas para Freno el proceso más crítico, definido con anterioridad a través de las herramientas de ecomapa y eco balance, presentando un gran consumo de agua (115m³/mes), generación de agua residual (22 m³/mes), materia prima (5987,3 kg/ mes) y generación de residuos (1456,9002 Kg/mes).

Otra razón de que este proceso sea el proceso más crítico obedece a que es uno de los productos más comercializados por la empresa. Por esta razón principalmente este proceso se convierte en el más crítico, debido a que es uno de los procesos que cuenta con mayor número de etapas. Y al ser uno de los productos más comercializados y requeridos por los clientes de la empresa, se calcula que la producción promedio de bandas para freno es de cerca de (900) novecientas de piezas al mes, junto con una eficiencia del 79 % asociado a la relación que existe entre la materia prima y el consumo de agua; y una eficiencia del 75 % asociado a la relación que existe entre materia prima y residuos.

Finalmente se promedian las dos eficiencias obtenidas para conocer la eficiencia total del proceso de bandas para frenos. Obteniendo como resultado un 77 % de eficiencia en este promedio. Es importante aclarar que esta eficiencia no es tan crítica para asumir que el proceso es ineficiente. Sin embargo, su porcentaje de eficiencia puede mejorar estableciendo oportunidades de mejoras frente al consumo y manejo de los recursos.

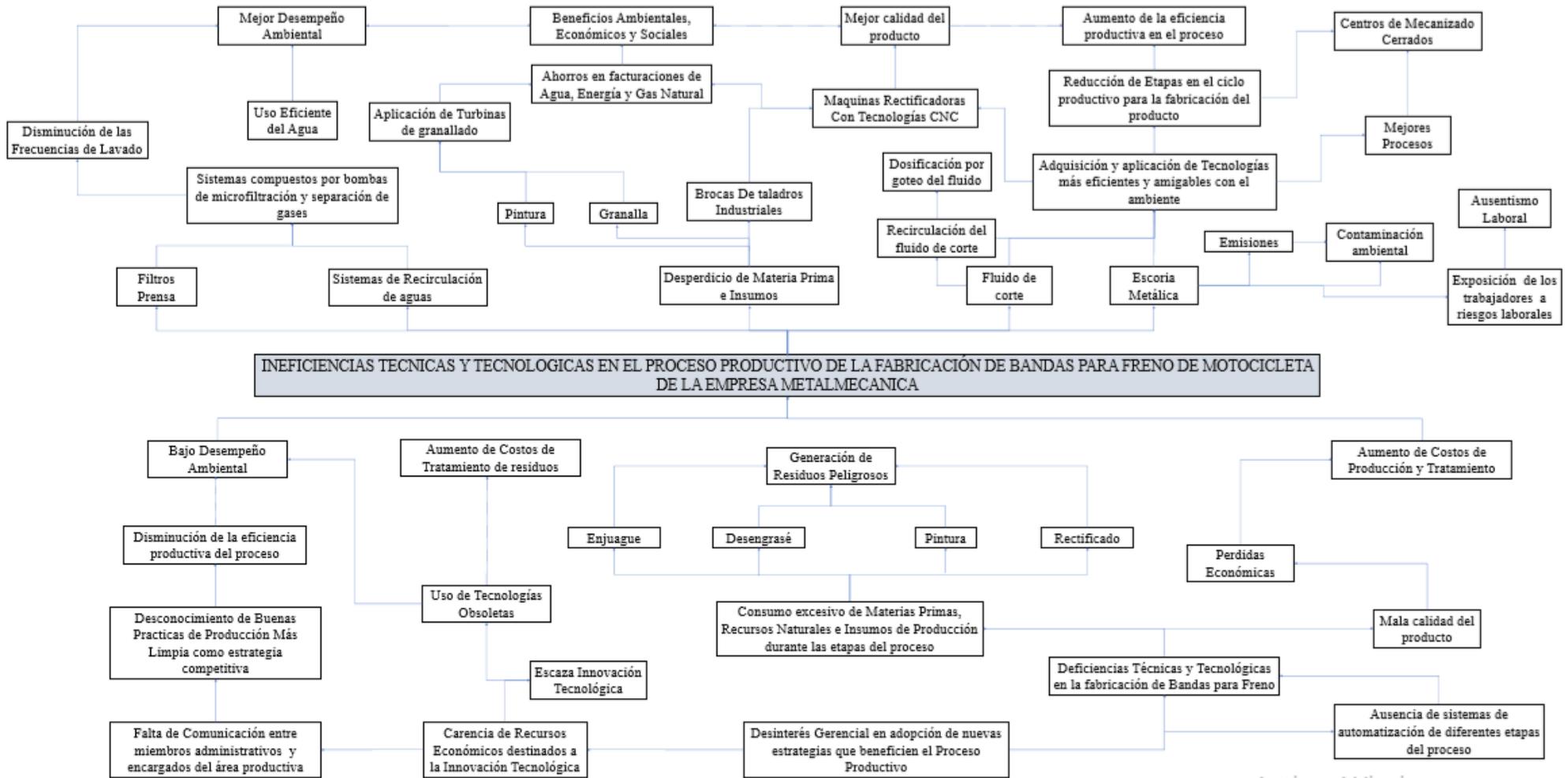
13.2. *Resultados y análisis objetivo específico 2. Identificar y priorizar oportunidades de producción más limpia para los puntos críticos definidos*

13.2.1. *Árbol de problemas*

El desarrollo del Objetivo específico número dos, parte inicialmente a partir de una técnica conocida como árbol de problemas, esta técnica se emplea para identificar una situación negativa o problemática, la cual se intenta solucionar analizando relaciones de tipo causa-efecto. En donde se formula un problema central de modo tal que se permitan diferentes alternativas de solución a la problemática propuesta (UNESCO, 2010).

Cómo se observa en la siguiente figura en la cual se formula el árbol de problemas, para identificar y describir la relación causa-efecto del proceso productivo más crítico que se estableció en el ecomapa. se evidencia que entre las múltiples razones de que este proceso sea catalogado como un punto crítico dentro del área productiva de la empresa, es el uso excesivo de materiales e insumos de producción, así como también la disposición de técnicas y tecnologías aplicadas para la fabricación del producto, lo que a su vez genera que el proceso sea menos eficiente de lo que podría.

Figura 18. Árbol de problemas



Fuente: Elaboración de autores,2020

Una vez identificadas las razones principales por las cuales el proceso productivo de bandas para freno es sujeto de mejoras, se procedió a determinar que alternativas que se pueden llevar a cabo al interior del proceso para así lograr mejoras sustanciales en pro de su eficiencia. Para esto se llevó a cabo el Análisis Multicriterio en donde se sometieron diferentes alternativas encontradas bajo una rigurosa revisión de literatura aplicada a la resolución de los problemas de carácter igual o similar, que se generan en industrias metalmecánicas dedicadas a la fabricación de autopartes. Este proceso de evaluación busca establecer cuál es la mejor alternativa a aplicar, y poder así resolver la problemática generada

13.2.2. Análisis Multicriterio

El análisis de oportunidades de Producción Más Limpia se realiza a partir de la implementación de una matriz multicriterio, por medio de la cual se realizará un estudio de alternativas, con la finalidad de evaluarlas desde diferentes aspectos y determinar cuál representaría un mayor desempeño ambiental y posteriormente proponer la más adecuada. Al evaluar estas alternativas se tiene en cuenta aspectos económicos y ambientales que son de gran relevancia al momento de generar algún cambio dentro del proceso productivo, ya sea por medio de disminución de etapas del proceso, mejoramiento dentro de los procesos o un beneficio económico.

13.2.2.1. Selección de alternativas

La selección de las alternativas aquí planteadas, si bien tienen enfoques diferentes cada una de ellas pretende la resolución del mismo problema, siendo totalmente aplicables de una u otra forma, a diferentes tiempos, dando prioridad al cumplimiento de la que mejor establece beneficios para la eficiencia del proceso productivo de la empresa, y al cabo de un tiempo poder dar cumplimiento a las demás alternativas aquí planteadas.

Problema que como se destacó previamente en el árbol de problemas, es en sí mismo el concepto de eficiencia, esto respondiendo a la razón de que para el empresario la eficiencia en sí se convierte en un problema cuando el porcentaje es relativamente bajo, esto para el empresario se traduce en gastos de tipo operacional o incluso en sanciones instauradas por entes de control. Lo anterior indica que se puede dar cabida a iniciativas y prácticas amparadas bajo el concepto de la Producción más limpia, que establezcan o propendan el aumento del porcentaje de eficiencia, ya sea en términos de los procesos productivos como se concibió durante el desarrollo de este proyecto de investigación, o en términos globales.

Alternativa 0: Representa la situación actual de la empresa.

Alternativa 1: Rectificado

La primera alternativa considerada es efectuar un cambio en el proceso de manera que se busque simplificar algunas de las etapas, a partir de la aplicación de nuevas técnicas, y la adquisición de nueva tecnología que contribuya a la etapa de Rectificado. A partir de maquinaria de alta producción con tecnología, como lo es la Rectificadora CNC de dos estaciones, con este modelo de rectificadora se logran rectificar piezas que generalmente se fabrican en 2 máquinas rectificadoras (Interempresas, 2019). En resumen, la aplicación de esta maquinaria permitiría una disminución frente a la generación de residuos ya que reduce la probabilidad de obtener piezas no conformes, lograría una disminución en el consumo de energía ya que se remplazarían dos maquinarias por una y por último disminuiría la cantidad de polvo de fricción que se genera en la etapa productiva ya que el sistema permite el confinamiento de este polvo evitando su propagación en la zona donde se labora

Tabla 37. Alternativa 1 ventajas y desventajas

Ventajas	Desventajas
<p>La aplicación de esta nueva tecnología s se puede utilizar las 24 horas al día. Ya que solo necesita ser desconectada en caso de mantenimiento (Grumeber, s.f).</p>	<p>Esta maquinaria por lo general, suelen ser más costosas que las máquinas manuales. (Grumeber, s.f).</p>
<p>Estas máquinas se pueden utilizar para una amplia gama de aplicaciones, siendo un punto fuerte su alta productividad, dando como resultado versatilidad y una excelente calidad de la pieza (Junker & Zema,s.f.). Además, esta puede ser programada por un software de diseño avanzado para la fabricación del producto. Por lo que no es necesario el diseño de un prototipo. Generando un ahorro de dinero y tiempo (Grumeber,s.f).</p>	
<p>Se reduce considerablemente el desperdicio de material, puesto que al poseer un sistema de CNC se tiene un alto grado de precisión (Mora, 2018).</p>	
<p>La rectificadora CNC o rectificadora mejorada permite un ahorro del 8% de consumo de energía en comparación con la rectificadora convencional (Quispe & Renzo, 2018)</p>	
<p>Se logra un consumo de agua ideal que este dentro del rango de 57 a 116 m³ de agua (Roque, Casallas Morales, Comayan, & Cucaita Ospina, 2018) (Roque, Casallas Morales, Comayan, & Cucaita Ospina, 2018)</p>	

Fuente: Elaboración de autores,2020

Alternativa 2: Enjuague

Durante el proceso de enjuague se realiza un gran consumo de agua, que se contamina con sustancias químicas que actúan en el proceso, con el fin de pretender un uso más eficiente del agua que se emplea en esta etapa, se planteó un sistema de recirculación de agua, junto con un sistema de filtración incorporado, denominado filtro prensa el cual permite la reducción de la carga contaminante proveniente de la etapa de enjuague. Con este sistema se estaría ahorrando aproximadamente 25% del agua necesaria para realizar los enjuagues, filtrando de 10 a 15 metros cúbicos y volviendo a utilizarlos en los enjuagues, puesto que estos no necesitan un alto grado de pureza para su debido uso (CNPML, 2002).

Tabla 38. Alternativa 2 ventajas y desventajas

Ventajas	Desventajas
<p>Los filtros prensa pueden comprimir y deshidratar sólidos hasta obtener del 25% al 60% por peso de los lodos compactados (Benavides, López Leiva, Salamanca, & Zuluaga Bernal, 2013).</p>	<p>Alto valor de mantenimiento y reparación a causa de que una parte de máquina es impulsada por equipo hidráulico (LZZG., 2019).</p>
<p>Permite la máxima capacidad de procesamiento, ya que a diferencia de las máquinas convencionales esta realiza los ciclos de separación entre 15 a 20 minutos, lo que significa una disminución de 10 minutos en los procesos convencionales, lo que aumenta la eficiencia del proceso (Multotec, 2019)</p>	<p>Este proceso requiere de mucha energía, lo que significa que el consumo energético por proceso es alto (LZZG,2019).</p>
<p>El filtro prensa realiza lavados en todo el conjunto de tela filtrante entre cada ciclo en 40 segundos, ya que tiene unas barras rociadoras internas que se encargan de realizar estos lavados y de eliminar la acumulación excesiva de residuos de material, lo que genera que haya menor tiempo de inactividad y menor intervención manual (Multotec, 2019).</p>	<p>Dependiendo del tipo de proceso y requerimientos técnicos puede tener una superficie de gran tamaño, lo que significa que requiere de mucho espacio (LZZG., 2019).</p>
<p>La tela filtrante es resistente y altamente duradera, lo que genera un alto rendimiento, tienen un diseño mejorado para reducir el costo total por tonelada procesada (Multotec, 2019).</p>	

Fuente: Elaboración de autores,2020.

Alternativa 3. Granallado

En el proceso de granallado se genera un consumo energético y se emite material particulado, para que este proceso sea más eficiente, se propuso la implementación de unas turbinas Gamma 400 G (Interempresas, 2019). Las cuales brindan un mayor rendimiento, ya que cuenta con un largo tiempo de duración y no necesita mantenimientos constantes. Al no requerir de mantenimientos constantes se reduce los tiempos de operación puesto que cuenta con un sistema que permite desmontarse de manera rápida y de fácil acceso a los componentes de desgaste. Gracias al diseño de este tipo de turbinas se puede lograr una mejora del 15 o 20 %, ya que permite un flujo más fluido de la granalla lo que permite reducir el tiempo de producción (Rosler International GmbH & Co. KG, 2015).

Tabla 39. Alternativa 3. Ventajas y desventajas

Ventajas	Desventajas
Este tipo de turbinas permite un menor gasto de mantenimiento ya que posee una resistencia al desgaste hasta 16 veces mayor y una vida útil de 40.000 horas (Rosler, 2020).	Este tipo de turbina requiere de mayor tiempo de mantenimiento en comparación con turbinas de menor tamaño, al hacer el cambio de paletas y el plato centrado puede que estos queden trabados con granalla y se dificulte el desarme de la turbina (CYM MATERIALES SA, S.F).
Esta turbina tiene una potencia de granallado de hasta 77% mayor que las convencionales lo que permite un menor tiempo de trabajo (Rosler, 2020).	El costo operativo de este tipo de turbinas es muy similar al de turbinas de menor costo y después de cierta cantidad de recambios de paletas se debe cambiar la rueda mecanizada lo que significa que los costos de reposición se emparejarían (CYM MATERIALES SA, S.F).
El consumo energético de esta turbina es menor, se da un ahorro de costes de hasta un 25% y da cumplimiento a importantes disposiciones ambientales (Rosler, 2020).	Después de ciertos cambios de paletas la rueda mecanizada se desbalancea por desgaste siendo necesario desarmar la misma para balancear, lo que significa tiempo de inactividad (CYM MATERIALES SA, S.F).
Genera un ahorro de hasta 30% en costos por granallas abrasivas y piezas de repuesto, lo que significa un menor consumo de medio operativos (Rosler, 2020).	
Al realizar el granallado por granalla de acero y no con arena se disminuye la polución generada en el ambiente debido a que al primer golpe cerca del 80 % se transforma en polvo. Adicionalmente la granalla de acero se	

<p>puede reutilizar de 700 a 5000 veces dependiendo del tipo y dureza del abrasivo utilizado y no generan contaminación en la superficie de trabajo (CYM MATERIALES SA, s.f).</p>	
---	--

Fuente: Elaboración de autores,2020.

Alternativa 4. Desengrase

Durante el proceso de desengrase, se genera un alto consumo de agua, se genera agua contaminada con sustancias químicas, por lo cual se propuso la implementación de un sistema cerrado de desengrase más efectivo en el proceso de lavado con la finalidad de minimizar estos aspectos, al optimizar la técnica de lavado, se genera una recirculación del agua que ingresa al proceso, este proceso debe estar acompañado por una bomba de microfiltración y un separador de gases, su función principal es la de reducir los residuos presentes en los baños, por grasas y de este modo aumentar la vida útil de los desengrases y reducir el consumo de agua puesto que se van a reducir la frecuencia de renovación de los baños (Henao, 2009).

Tabla 40. Alternativa 4. Ventajas y desventajas

Ventajas	Desventajas
<p>Reutilización de la solución durante el desengrase y el lavado a alta presión en circuito cerrado. sobre la pieza a limpiar no queda ninguna traza de aceite (S.P.C.B, 2018).</p>	<p>Para mantener la calidad del lavado constante se necesita lavado con disolvente limpio y destilado en cada ciclo de lavada (CONIEX, 2015).</p>
<p>Se da una prolongación de la vida útil del producto debido al sistema integral de filtros y la limpieza en circuito cerrado, lo que reduce la cantidad de residuos (SafetyKleen, 2014).</p>	<p>Inversión elevada (Henao,2009)</p>
<p>Es apto para limpieza de todo tipo de materiales y superficies, desengrase, decapado, descarbonización, etc y elimina eficazmente cualquier tipo de sedimento, aceites, grasas, carbonilla, lo que permite muy buenos acabados (SafetyKleen, 2014).</p>	
<p>Posee un cierre hermético, lo cual reduce la pérdida del producto y evita manipulaciones accidentales (SafetyKleen, 2014).</p>	
<p>Gracias al sistema cerrado se disminuye el volumen de agua residual y se genera un ahorro aproximado del 52% en el consumo de agua (Henao,2009).</p>	

Fuente: Elaboración de autores,2020

13.2.2.2. Selección de criterios

De acuerdo con la revisión literaria llevada a cabo se encontraron (4) cuatro alternativas, que son contempladas bajo diferentes criterios, estos criterios fueron definidos de acuerdo con las múltiples variables con las cuales se tomaría una decisión de este tipo al interior de una empresa, los cuales se muestra a continuación.

Tabla 41. Lista de criterios

Criterio	Dimensión
Viabilidad técnica	Técnico
Viabilidad tecnológica	Técnico
Beneficios económicos	Económico
Monto de la inversión	Económico
Eficiencia del proceso	Económico
Reducción de mano de obra	Social
Riesgos laborales	Social
Beneficios ambientales	Ecológico
Disminución de materias primas e insumos	Técnico

Fuente: Elaboración de los autores,2020

13.2.2.3. Análisis de alternativas frente a los criterios

Tabla 42. Análisis de alternativas frente a los criterios

Criterios	Alternativas			
	Alternativa 1. Rectificado	Alternativa 2. Enjuague	Alternativa 3. Granallado	Alternativa 4. Desengrase
VIABILIDAD TÉCNICA	La implementación de esta técnica logra la eficiencia del proceso a través de la reducción de las etapas productivas. específicamente las etapas de rectificado lateral y rectificado por Chaflan.	Esta técnica filtra entre 10 a 15 metros cúbicos y volviendo a utilizarlos en los enjuagues, puesto que estos no necesitan un alto grado de pureza para su debido uso (CNPML, 2002).	El granallado por turbina centrífuga es, entre las técnicas actuales de tratamiento de superficie, a partir del aprovechamiento de la energía cinética de la turbina, donde el abrasivo utilizado al impactar contra la superficie de la pieza gira a altas velocidades expulsando granalla particulada, removiendo cascarillas, laminillas y óxidos (Interempresas, 2019).	La implementación de esta técnica permite minimizar el consumo de agua y mejorar la eficiencia del proceso del lavado, de este modo se reducen los residuos en los baños (Henao, 2009).
			La implementación de turbinas Gamma 400 G, las	

Criterios	Alternativas			
	Alternativa 1. Rectificado	Alternativa 2. Enjuague	Alternativa 3. Granallado	Alternativa 4. Desengrase
VIABILIDAD TECNOLÓGICA	A partir de maquinaria de alta producción con tecnología por , como lo es la Rectificadora CNC de dos estaciones, se logran rectificar piezas que generalmente se fabrican en 2 máquinas rectificadoras (Interempresas, 2019).	La adquisición de un filtro prensa permitiría mejores resultados a la hora de llevar a cabo la limpieza de las piezas en la etapa de enjuague (CNPML, 2002).	cuales brindan un mayor rendimiento (Rosler International GmbH & Co. KG, 2015).	La implementación de un sistema cerrado de desengrase, una bomba de microfiltración y un separador de gases, permiten aumentar la vida útil de los desengrases y reducir el consumo de agua (Henao, 2009).
BENEFICIOS ECONÓMICOS	Dentro de los beneficios económicos encontramos la reducción de costos de producción de las piezas generadas dentro del proceso productivo seleccionado	Reducción de costos de operación tales como de transporte, eliminación y huella ambiental (McLanahan,2020).	Estas turbinas cuentan con un largo tiempo de duración y no necesita mantenimientos constantes (Interempresas, 2019).	Dentro de los beneficios económicos se encuentran la reducción en el consumo de agua, ya que se recircula el agua y los costos por renovación de los baños de enjuague (Henao, 2009).
MONTO DE LA INVERSIÓN	\$ 19.129.000 (Alibaba,2020)	El costo de los equipos puede variar de decenas de miles de dólares a más de un millón de dólares por un solo filtro de prensa (McLanahan,2020).	El Granallado por turbinas, es uno de los métodos más económicos utilizados para corregir imperfecciones de diferentes piezas a lo largo de las etapas de un proceso (CYM Materiales S.A, s.f)	El costo de esta alternativa puede variar de 177.560.000 millones de pesos a 887.800.00 millones de pesos dependiendo de los costos de instalación y conexión (EE-METAL, 2016).
EFICIENCIA DEL PROCESO	El rectificado de dos estaciones ofrece incrementos de productividad muy superiores en relación con el resto de los sistemas convencionales, por ejemplo, se obtienen incrementos de hasta el 100% en el rectificado de piezas de metal duro (Interempresas, 2019)	La implementación de esta alternativa logra ahorrar aproximadamente 25% del agua necesaria para realizar los enjuagues (CNPML, 2002).	Gracias al diseño de este tipo de turbinas se puede lograr una mejora del 15 o 20 %, ya que permite un flujo más fluido de la granalla lo que permite reducir el tiempo de producción (Interempresas, 2019).	La implementación de esta alternativa significaría a la empresa un ahorro aproximado del 52% en el consumo de agua y en la materia prima en el desengrase (Henao, 2009).
REDUCCIÓN DE MANO DE OBRA	La reducción de etapas que ofrece esta medida también ofrece una reducción en el personal que anteriormente se encargaba de supervisar estas etapas del proceso	Reducción de la mano de obra mediante la automatización en comparación con las tecnologías alternativas (McLanahan,2020).	Esta alternativa reduce en costos por mano de obra ya que requiere de uno o dos operarios máximo de acuerdo al diámetro del tubo empleado (Blasting Experts, 2016).	El empleo exitoso de este sistema requiere una estrecha cooperación de los operadores, fabricantes de equipos y proveedores de productos químicos para conservar una buena calidad (EE-METAL, 2016).
RIESGOS LABORALES	Existen riesgos como el enganche, arrastre o aplastamiento de las manos y brazos al realizar operaciones. En el peor de los casos	Este sistema presenta condiciones de operabilidad seguras y con pocos riesgos (Lenntech,2020)	El sistema Dead-Man o Sistema hombre muerto que permite el control del equipo, al interrumpir la actividad. Siendo este el principal	Existen riesgos por la elevada volatilidad de los disolventes la cual determina su toxicidad, siendo la inhalación la

Criterios	Alternativas			
	Alternativa 1. Rectificado	Alternativa 2. Enjuague	Alternativa 3. Granallado	Alternativa 4. Desengrase
	aplastamiento del cuerpo, debido al desplazamiento de la mesa. y riesgo de inhalación de gases, polvos o fluidos desprendidos (Foment del Treball Nacional, 2013)		sistema de seguridad con el que se cuenta. Esto lo convierte en una pieza imprescindible para lograr un proceso seguro y confiable (CYM Materiales S.A, s.f).	principal vía de exposición laboral (Blount, Crespo , & Romano, 2003).
BENEFICIOS AMBIENTALES	Reducción de la contaminación ambiental, a partir de la disminución de la cantidad de Residuos procedentes de las etapas de rectificado	Reducción de la contaminación ambiental, a partir de la disminución de sustancias químicas (McLanahan,2020).	La técnica de granallado por turbinas es una de las técnicas más amigables con el ambiente, debido a que es una de las que representa menor riesgo de contaminación (CYM Materiales S.A, s.f).	Mejoramiento del manejo en el consumo de agua y sustancias químicas (Henao,2009)
DISMINUCIÓN DE MATERIAS PRIMAS E INSUMOS	Esta medida reduce principalmente el uso de recursos naturales usados durante estas etapas. Al generar una reducción en el consumo energético y el consumo de agua que se emplea en cada maquinaria utilizada, en cuanto a los insumos, esta medida disminuiría el uso de discos de pulimiento en las etapas de rectificación	Reducción o eliminación de sustancias químicas utilizadas para el desaguado. Junto con una reducción de volumen y peso para la de obtención de un producto más seco (McLanahan,2020).	Algunos sistemas de Granallado cuentan con un sistema de recolección y recuperación de granalla que permite la reutilización de la granalla (Interempresas, 2019).	Menor coste derivado del bajo consumo de reactivos y de un menor consumo energético, menor degradación de los productos, al realizarse la separación a temperaturas semejantes a las ambientales y menor ensuciamiento de los filtros. Por lo que no necesitan de un mantenimiento riguroso y no necesitan ser reemplazados constantemente por el ensuciamiento excesivo (Gonzales,2010).

Fuente: Elaboración de autores,2020.

13.2.2.4. Ponderación Criterios seleccionados

Tabla 43. Coeficientes de importancia relativa (CIR)

Criterio vs Criterio	NOMINAL	VIABILIDAD TÉCNICA	VIABILIDAD TECNOLÓGICA	BENEFICIOS ECONÓMICOS	MONTO DE LA INVERSIÓN	EFICIENCIA DEL PROCESO	REDUCCIÓN DE MANO DE OBRA	RIESGOS LABORALES	BENEFICIOS AMBIENTALES	DISMINUCIÓN DE MATERIAS PRIMAS E INSUMOS	Suma	CIR
NOMINAL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
VIABILIDAD TÉCNICA	0.5	1	1	0.5	1	0.5	0.5	0.5	1	6,5	13,8	
VIABILIDAD TECNOLÓGICA	0.5	1	1	1	1	1	0.5	1	0.5	7,5	16,0	
BENEFICIOS ECONÓMICOS	0	0.5	1	0.5	1	1	0.5	1	1	6	12,8	
MONTO DE LA INVERSIÓN	1	0	1	0.5	0	0	0	0	1	3,5	7,4	
EFICIENCIA DEL PROCESO	1	0.5	1	1	0.5	0.5	0.5	1	1	6,5	13,8	
REDUCCIÓN DE MANO DE OBRA	0.5	0.5	0	1	0	1	0.5	0.5	0	4	8,5	
RIESGOS LABORALES	1	1	1	1	0	0.5	0.5	0	0	4,5	9,6	
BENEFICIOS AMBIENTALES	1	0.5	0.5	0.5	0	1	0	0	0	3,5	7,4	
DISMINUCIÓN DE MATERIAS PRIMAS E INSUMOS	1	1	1	1	1	0.5	0	0	0.5	5	10,6	
TOTAL											47	100%

Fuente: Adaptado por autores. Tomado de : (Machado, 2005)

13.2.2.5. Criterios ordenados por peso

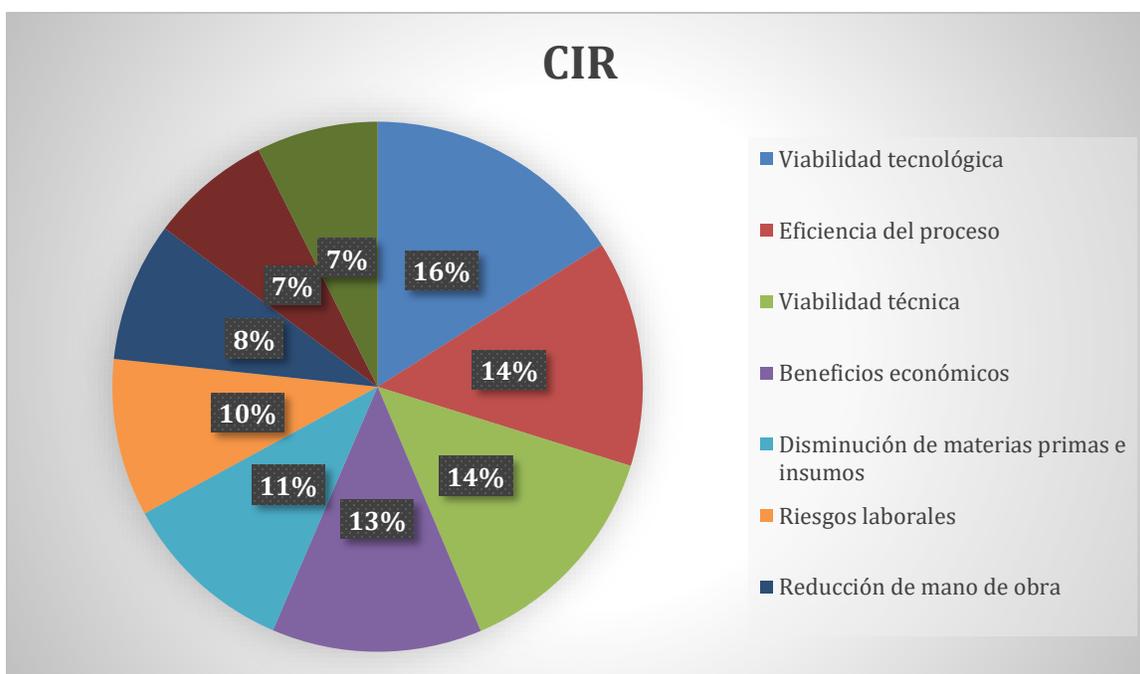
Tabla 44. Criterios ordenados

CRITERIO	CIR
Viabilidad tecnológica	16,0
Eficiencia del proceso	13,8
Viabilidad técnica	13,8
Beneficios económicos	12,8

CRITERIO	CIR
Disminución de materias primas e insumos	10,6
Riesgos laborales	9,6
Reducción de mano de obra	8,5
Beneficios ambientales	7,4
Monto de la inversión	7,4

Fuente: Adaptado por autores. Tomado de : (Machado, 2005).

Gráfica 1. Importancia de criterios



Fuente: Elaboración de autores,2020.

En la Tabla 38 se observa que el criterio más representativo en términos de la ponderación llevada a cabo es el criterio de viabilidad tecnológica, siendo este el criterio que más beneficios contempla a la hora de desarrollar e implementar la propuesta.

13.2.2.6. Determinación de los Coeficientes de selección ambiental (CSA)

Se realizó la estimación de los CSA confrontando las alternativas propuesta. Como se muestra en las siguientes tablas:

Tabla 45. Criterio 1: Viabilidad tecnológica

Criterio: 1 VIABILIDAD TECNOLÓGICA								
Alt Vs Alt	Nominal	Desengrase	Granallado	Enjuague	Rectificado	Alternativa 0	Suma	CSA
Alternativa 0	0	0	0	0	0		0	0
Rectificado	10	5	10	10		10	45	33,33
Enjuague	10	5	10		0	10	35	25,93
Granallado	10	0		0	0	10	20	14,81
Desengrase	10		10	5	0	10	35	25,93
Nominal		0	0	0	0	0	0	0,00
Total							135	100

Fuente: Adaptado por autores. Tomado de : (Machado, 2005).

Tabla 46. Criterio 2: Beneficios económicos

Criterio: 2 BENEFICIOS ECONÓMICOS								
Alt Vs Alt	Nominal	Desengrase	Granallado	Enjuague	Rectificado	Alternativa 0	Suma	CSA
Alternativa 0	0	0	0	0	0		0	0
Rectificado	10	10	10	10		10	50	35,71
Enjuague	10	5	0		0	10	25	17,86
Granallado	10	0		10	0	10	30	21,43
Desengrase	10		10	5	0	10	35	25,00
Nominal		0	0	0	0	0	0	0
Total							140	100

Fuente: Adaptado por autores. Tomado de: (Machado, 2005)

Tabla 47. Criterio 3: Eficiencia del proceso

Criterio 3. EFICIENCIA DEL PROCESO								
Alt Vs Alt	Nominal	Desengrase	Granallado	Enjuague	Rectificado	Alternativa 0	Suma	CSA
Alternativa 0	0	0	0	0	0		0	0,00
Rectificado	10	10	10	10		10	50	35,71
Enjuague	10	5	10		0	10	35	25,00
Granallado	10	0		0	0	10	20	14,29
Desengrase	10		10	5	0	10	35	25,00
Nominal		0	0	0	0	0	0	0,00
Total							140	100

Fuente: Adaptado por autores. Tomado de : (Machado, 2005)

Tabla 48. Criterio 4: Disminución de materias primas e insumos

Criterio: 4 DISMINUCIÓN DE MATERIAS PRIMAS E INSUMOS								
Alt Vs Alt	Nominal	Desengrase	Granallado	Enjuague	Rectificado	Alternativa 0	Suma	CSA
Alternativa 0	0	0	0	0	0		0	0,00
Rectificado	10	10	5	10		10	45	32,14
Enjuague	10	5	10		0	10	35	25,00
Granallado	10	0		0	5	10	25	17,86
Desengrase	10		10	5	0	10	35	25,00
Nominal		0	0	0	0	0	0	0,00
Total							140	100

Fuente: Adaptado por autores. Tomado de : (Machado, 2005)

Tabla 49. Criterio 5: Viabilidad técnica

Criterio: 5 VIABILIDAD TÉCNICA								
Alt Vs Alt	Nominal	Desengrase	Granallado	Enjuague	Rectificado	Alternativa 0	Suma	CSA
Alternativa 0	0	0	0	0	0		0	0
Rectificado	10	10	10	5		10	45	31,03
Enjuague	10	0	10		0	10	30	20,69
Granallado	10	5		5	0	10	30	20,69
Desengrase	10		10	5	5	10	40	27,59
Nominal		0	0	0	0	0	0	0
Total							145	100

Fuente: Adaptado por autores. Tomado de : (Machado, 2005)

Tabla 50. Criterio 6. Riesgos laborales

Criterio: 6 RIESGOS LABORALES								
Alt Vs Alt	Nominal	Desengrase	Granallado	Enjuague	Rectificado	Alternativa 0	Suma	CSA
Alternativa 0	0	0	0	0	0		0	0,00
Rectificado	10	5	10	10		10	45	34,62
Enjuague	5	0	5		0	10	20	15,38
Granallado	5	0		5	0	10	20	15,38
Desengrase	10		10	10	5	10	45	34,62
Nominal		0	0	0	0	0	0	0
Total							130	100

Fuente: Adaptado por autores. Tomado de: (Machado, 2005)

Tabla 51. Criterio 7. Monto de la inversión

Criterio: 7 MONTO DE LA INVERSIÓN								
Alt Vs Alt	Nominal	Desengrase	Granallado	Enjuague	Rectificado	Alternativa 0	Suma	CSA
Alternativa 0	0	0	0	0	0		0	0
Rectificado	10	0	10	10		10	40	28,57
Enjuague	10	0	10		0	10	30	21,43
Granallado	10	0		0	0	10	20	14,29
Desengrase	10		10	10	10	10	50	35,71
Nominal		0	0	0	0	0	0	0
Total							140	100

Fuente: Adaptado por autores. Tomado de : (Machado, 2005)

Tabla 52. Criterio 8. Reducción mano de obra

Criterio: 8 REDUCCIÓN DE MANO DE OBRA								
Alt Vs Alt	Nominal	Desengrase	Granallado	Enjuague	Rectificado	Alternativa 0	Suma	CSA
Alternativa 0	0	0	0	0	0		0	0
Rectificado	10	10	5	5		0	30	33,33
Enjuague	10	10	5		5	0	30	33,33
Granallado	10	10		5	5	0	30	33,33
Desengrase	0		0	0	0	0	0	0
Nominal		0	0	0	0	0	0	0
Total							90	100

Fuente: Adaptado por autores. Fuente : (Machado, 2005)

Tabla 53. Criterio 9: Beneficios ambientales

Criterio: 9 BENEFICIOS AMBIENTALES								
Alt Vs Alt	Nominal	Desengrase	Granallado	Enjuague	Rectificado	Alternativa 0	Suma	CSA
Alternativa 0	0	0	0	0	0		0	0
Rectificado	10	0	5	0		10	25	17,86
Enjuague	10	10	10		10	10	50	35,71
Granallado	10	0		0	5	10	25	17,86
Desengrase	10		10	0	10	10	40	28,57
Nominal		0	0	0	0	0	0	0
Total							140	100

Fuente: Adaptado por autores. Fuente : (Machado, 2005).

13.2.2.7. Análisis de la Matriz final de coeficientes y selección de la alternativa óptima

Tabla 54. Matriz final de coeficiente

CRITERIO	CIR	CSA					CIR X CSA				
		ALTER. 0	Rectificado	Enjuague	Granallado	Desengrase	ALTER. 0	Rectificado	Enjuague	Granallado	Desengrase
Viabilidad tecnológica	16,0	0,00	33,33	25,93	14,81	25,93	0	533,33	414,81	237,04	272,57
Eficiencia del proceso	13,8	0,00	35,71	25,00	14,29	25,00	0	492,86	345,00	197,14	324,14
Viabilidad técnica	13,8	0,00	31,03	20,69	20,69	27,59	0	428,28	285,52	285,52	251,86
Beneficios económicos	12,8	0,00	35,71	17,86	21,43	25,00	0	457,14	228,57	274,29	200,43
Disminución de materias primas e insumos	10,6	0,00	32,14	25,00	17,86	25,00	0	340,71	265,00	189,29	141,85
Riesgos laborales	9,6	0,00	34,62	15,38	15,38	34,62	0	332,31	147,69	147,69	240,33
Reducción de mano de obra	8,5	0,00	33,33	33,33	33,33	0,00	0	283,33	283,33	283,33	675,86
Beneficios ambientales	7,4	0,00	17,86	35,71	17,86	28,57	0	132,14	264,29	132,14	282,29
Monto de la inversión	7,4	0,00	28,57	21,43	14,29	35,71	0	211,43	158,57	105,71	225,93
TOTAL							0	3211,54	2392,79	1852,15	2615,24

Fuente: Adaptado por autores. Fuente : (Machado, 2005)

Como se evidencia en la matriz final de coeficientes, se integraron los valores obtenidos de cada uno de los coeficientes respectivos. Coeficiente de importancia relativa (CIR) y coeficiente de selección ambiental (CSA), luego de evaluar cada una de las alternativas identificadas en relación con cada uno de los criterios definidos. De esta manera se logró seleccionar la alternativa más idónea para dar solución a la problemática presentada desde múltiples puntos de vista.

Las alternativas en las que se encontró mayor grado de ponderación una vez realizada la matriz multicriterio corresponde a la alternativa 1 (Rectificado) en primer lugar con 3211,54 puntos, seguidas de las alternativas 4 (Desengrase) con 2615,24 puntos y la alternativa 2 (Enjuague) con 2392,79 puntos, y en último lugar encontramos la alternativa 3 (Granallado) con 1852,15 puntos. En donde si se deseara llevar a cabo una optimización total del proceso se debería implementar cada una de estas alternativas en este orden. De este modo la alternativa seleccionada para este caso es la alternativa 1 (Rectificado), siendo esta la que conlleva un desarrollo más eficiente del proceso productivo estudiado, debido a que implementación de esta medida al interior del proceso representaría la reducción de (2) dos etapas claves del proceso, la etapa de Rectificado Lateral y Chaflán en (1) una sola etapa de rectificado, lo que significa menores tiempos de producción, mejores acabados en las piezas, menor cantidad de recursos naturales empleados durante estas etapas y así mismo una disminución en los insumos utilizados, lo que deriva en ahorros significativos para la empresa durante la ejecución del proceso,

13.3. Resultados y análisis objetivo específico 3. Formular propuesta de mejora a partir de oportunidades de producción más limpia identificadas en los puntos críticos de la empresa

El objetivo específico número tres se construyó principalmente a partir de los datos e información recopilada en los objetivos (1) uno y (2) dos, con el fin de establecer la viabilidad de la alternativa propuesta, a partir de la aplicación de herramientas de producción más limpia como lo son el análisis de costos de ineficiencia. Los costos de ineficiencia, es una herramienta que permite establecer los gastos que incurren en una empresa por la realización de un proceso productivo que carece de eficiencia, gastos por inconformidades en la calidad del producto, mano de obra, recursos naturales, materia prima y disposición de residuos (Manual de Producción Más Limpia para el sector salud, 2006). Así mismo también se evidencian diferentes factores benéficos asociados a las alternativas definidas, principalmente beneficios económicos y ambientales (Hoof, s.f.).

En la siguiente tabla se observan los datos base, para la realización del análisis costo ineficiencia del proceso de bandas para freno, en donde se incluyen todos los costos en los que incurre la empresa por la realización de este proceso

Tabla 55. Datos de Referencia de la empresa

MÁQUINAS BANDAS	MATERIA PRIMA DIRECTA		AGUA		ENERGÍA		GAS		RESIDUOS		MANTENIMIENTO		MOD	
	Cantidad bandas (kg/mes)	Valor (kg/mes)	Valor tarifa (m³)	\$ 1,820	Valor tarifa (1kwh)	\$ 495	Valor tarifa (m³/mes) fijo + variable	31,84+159,8	Valor tarifa (kg/mes)	\$ 1,010	Presupuesto total # máquinas totales (114)	\$25,000,000	Valor SMLV	\$ 877,803
	5987,3	\$ 340	Consumo (m³/mes)	115	Consumo (kwh/mes)	1092.7	Consumo (m³/mes)	728.5	Consumo (kg/mes)	1456.9	Área bandas # máquinas (año)	46	Numero horas trabajadas	8
	Valor total	\$2,476,730	Valor total	\$209,300	Valor total	\$540,471	Valor total	\$ 116,446	Valor total	\$1,471,469	Valor total (año)	\$ 2,738,095	Numero empleados	15
	Valor procesos aux. (kg/mes)	Valor (kg/mes)	Tratamiento o agua residual								Valor total (mes)	\$ 228,175	Total mod	\$ 109,725
	5987,3	\$ 90	Valor tarifa (m³)	\$ 1,890										\$1,645,881
	Valor total	\$ 655,605	Consumo (m³/mes)	115										
			Valor total	\$ 217,350										
TOTAL, MÁQUINAS BANDAS														
46	TOTAL	\$ 3,132,335	TOTAL	\$ 426,650	TOTAL	\$540,471	TOTAL	\$ 116,446	TOTAL	\$ 1,471,469	TOTAL	\$ 228,175	TOTAL	\$ 1,645,881
TOTAL GASTOS (MES)	\$ 7,561,427													
TOTAL PIEZAS	900													
% DE PIEZAS NO CONFORMES	8%													
PIEZAS NO CONFORMES	72													
TOTAL PIEZAS CONFORMES	828													
REPROCESOS	\$ 604,914													
TOTAL GASTOS	\$ 8,166,341													
PRECIO VENTA	\$ 11,500													
TOTAL VENDIDOS	\$ 10,350,000													
GANANCIA	\$ 2,183,659													

Fuente: Elaboración de autores, 2020.

Una vez recolectada la información anterior, se procedió a compilar la información encontrada más relevante asociada a la alternativa 1 (Rectificado). En la siguiente tabla, se observa los costos correspondientes a la inversión de la máquina y los costos en los que se incurriría por la operación de la máquina, evidenciándose en la parte superior de la tabla el costo de inversión inicial de la máquina, mientras que en la parte intermedia de la tabla los costos que se deben realizar al operar la máquina rectificadora, por otro lado, encontramos que en la parte inferior se encuentran los costos pertenecientes a la inversión total del proyecto incluyendo los costos de adquisición de la máquina junto con los costos de operación de la misma.

Tabla 56. Datos maquinaria

REFERENCIAS CATALOGO MÁQUINA RECTIFICADORA COSTO DE USO MÁQUINA	RECTIFICADORA CNC (COSTO MÁQUINA)		
	COSTO USD	COSTOS PESOS	
	\$	4,700	\$ 19,129,000
	COSTOS DE OPERACIÓN MÁQUINA		
	DESCRIPCIÓN (CONSUMO MES)	COSTOS	
	Costo De Energía	\$ 98,924	
	Costo De Mantenimiento	\$ 4,855	
	Costo De Mano De Obra Directa	\$ 9,753	
	Costo De Consumo Materia Prima	\$ 50,400	
	Total Costo Funcionamiento (Mes)	\$ 163,932	
Total Costo Funcionamiento (Año)	\$ 1,967,186		
COSTO TOTAL INVERSION + OPERATIVIDAD (MES)		\$ 19,292,932	

Fuente: Adaptado por autores. Tomado de: (Alibaba,2020), (Empresa metalmecánica, 2019) & (Empresa metalmecánica,2014).

A continuación, en la siguiente tabla se puede ver de manera general la comparación llevada a cabo entre la situación real versus la situación ideal de la empresa. Observándose del lado Izquierdo la situación Real actual de la empresa, entorno al proceso productivo identificado, en donde no se cuenta con la aplicación de la alternativa de rectificado seleccionada, mientras que del lado derecho encontramos la situación ideal de la empresa una vez implementada la alternativa de rectificado en el proceso productivo de bandas.

¹ Costo Dólar a abril 5 de 2020
1 USD = 4.070 COP

Tabla 57.Situación real y Situación ideal. Fuente: Elaboración de autores,2020.

CASO REAL	PRODUCCIÓN BANDAS					
	COSTO-CONSUMO MENSUAL DE LA PRODUCCIÓN					
	DESCRIPCIÓN	COSTOS OPERACIÓN	COSTOS REPROCESO	COSTO TOTAL	CONSUMO OPERACIÓN	VALOR
Residuos Generados	\$ 1,471,469	\$ 117,718	\$ 1,589,187	Consumo (Kg/mes)	1456.9	
Consumo Energía	\$ 540,471	\$ 43,238	\$ 583,709	Consumo (Kg/mes)	1092.7	
Consumo Agua	\$ 209,300	\$16,744	\$ 226,044	Consumo (Kg/mes)	115	
Costo Tratamiento Agua	\$ 217,350	\$ 17,388	\$ 234,738	Consumo (Kg/mes)	115	
Costo Consumo Gas	\$ 116,446	\$ 9,316	\$ 125,762	Consumo (Kg/mes)	728.5	
Consumo Materia Prima Directa	\$ 2,476,730	\$ 198,138	\$ 2,674,868	Cantidad Bandas (Kg/mes)	7284.5	
Consumo Materia Prima Indirecta	\$ 655,605	\$ 52,448	\$ 708,053	Cantidad Bandas (Kg/mes)	649.1	
Mano De Obra Directa	\$ 1,645,881	\$ 131,670	\$ 1,777,551	Número de empleados	15	
Mantenimiento Máquina	\$ 228,175	\$ 18,254	\$ 246,429	# Máquinas	2	
Costo Total Reproceso (IMPLISITO)	\$ 604,914			Consumo del proceso		
Costo Total Proceso	\$ 8,166,341					
DATOS BÁSICO DEL REGISTRO DE PRODUCCIÓN						
Producción Mensual Bandas	900					
Número De Empleados	15					
# Máquinas Rectificadoras	2					
# De Piezas No Conformes	72					
# Piezas Conformes	828					
% De Productos No Conformes	8%					

CASO IDEAL	PRODUCCIÓN BANDAS			
	COSTO-CONSUMO MENSUAL DE LA PRODUCCIÓN			
	DESCRIPCIÓN	COSTOS OPERACIÓN	CONSUMO OPERACIÓN	VALOR
Residuos Generados	\$ 1,471,469	Consumo (Kg/mes)	1340.3	
Consumo Energía	\$ 540,471	Consumo (Kg/mes)	1005.3	
Consumo Agua	\$ 209,300	Consumo (Kg/mes)	106	
Costo Tratamiento Agua	\$ 217,350	Consumo (Kg/mes)	106	
Costo Consumo Gas	\$ 116,446	Consumo (Kg/mes)	670.2	
Consumo Materia Prima Directa	\$ 2,476,730	Cantidad Bandas (Kg/mes)	6701.7	
Consumo Materia Prima Indirecta	\$ 655,605	Cantidad Bandas (Kg/mes)	597.2	
Mano De Obra Directa	\$ 1,645,881	Número de empleados	14	
Mantenimiento Máquina	\$ 228,175	# Máquinas	1	
Costo Total Reproceso	\$ -	Reducción Del 8% en todos los consumos del proceso		
Costo Total Proceso	\$ 7,561,427			
DATOS BÁSICO DEL REGISTRO DE PRODUCCIÓN				
Producción Mensual Bandas	900			
Número De Empleados	15			
Máquina Rectificadora CNC	1			
# De Piezas No Conformes	0			
# Piezas Conformes	900			
% De Productos No Conformes	0%			

Encontramos que, para el caso Real, la primera columna es referente a la descripción de los costos correspondientes al proceso de producción de bandas. En la segunda columna, se observa el costo correspondiente al reproceso por las piezas no conformes. Definidas estas como un 8 % de los costos de la columna anterior. Destacando que, para el costo total del proceso, se realizó la sumatoria del costo total de los valores obtenidos en la tercera columna, dando como resultado 8.166.341 millones de pesos, en este valor resultante se contempla de manera implícita el valor perteneciente al reproceso encontrado.

También es importante señalar que la propuesta se vuelve ambientalmente viable, gracias al no se incurre en un re proceso de piezas fabricadas durante el proceso productivo de bandas para frenos, a través de la reducción del 8% de todos los valores de consumo, siendo algunos de estos valores más representativos que otros, sin dejar de ser ambientalmente viable. Específicamente los valores de consumos que incurren en la mayor reducción aplicando el 8%, son los de residuos, energía, materia prima e insumos y mano de obra. Para el caso ideal, se logra ver de manera más clara una reducción de los valores al no incurrir en los gastos del reproceso realizado en el caso real. Esto en otras palabras significa, que al llevar a cabo esta reducción la empresa logra obtener múltiples beneficios ambientales y económicos, ya que no se tienen en cuenta los gastos de las repercusiones ambientales generadas en el proceso para los aspectos señalados en la columna de descripción, debido a que disminuyen considerablemente. Dando como resultado un proceso total de \$ 7.561.427 millones de pesos.

De acuerdo con lo anterior, se procedió a compilar de forma general y detallada los ahorros evidentes que se dan en la empresa metalmecánica producto de las reducciones establecidas conforme se desarrolle y se lleve a cabo la implementación.

Tabla 58. Valoración ambiental y económica del proyecto

Recurso Asociado a punto crítico	Situación Actual (Sin Proyecto de PML)		Situación Esperada (Con Proyecto de PML)		Beneficio Esperado (Situación Actual-Situación Esperada)	
	Consumo O Generación Total	Costo Total Por Consumo O Generación	Consumo O Generación Total	Costo Total Por Consumo O Generación	Ahorro En Consumo O Generación (Anual)	Ahorro En Dinero (\$) Anual
Residuos Generados En Bandas Reducción del 8% Kg/Año	17482.8	\$ 19,070,238	16084.2	\$ 17,657,628	1398.6	\$ 1,412,610
Consumo De Energía En Bandas Reducción del 8% KWh/Año	13112.4	\$ 7,004,508	12063.4	\$ 6,485,655	1049.0	\$ 518,852
Consumo De Agua En Bandas Reducción del 8% m ³ /Año	1380	\$ 2,712,528	1270	\$ 2,511,600	110.4	\$ 200,928
Materia Prima Directa En Bandas Reducción del 8% Kg/Año	87414	\$ 32,098,421	80420.9	\$ 29,720,760	6993.1	\$ 2,377,661

Recurso Asociado a punto crítico	Situación Actual (Sin Proyecto de PML)		Situación Esperada (Con Proyecto de PML)		Beneficio Esperado (Situación Actual-Situación Esperada)	
	Consumo O Generación Total	Costo Total Por Consumo O Generación	Consumo O Generación Total	Costo Total Por Consumo O Generación	Ahorro En Consumo O Generación (Anual)	Ahorro En Dinero (\$) Anual
Tratamiento De Agua En Bandas Reducción del 8% m ³ /Año	1380	\$ 2,816,856	1269.6	\$ 2,608,200	110.4	\$ 208,656
Mano De Obra En Bandas Reducción del 8% número de empleados/Año	15	\$ 21,330,613	14	\$ 19,750,568	1	\$ 1,580,045
Mantenimiento En Bandas Reducción del 8% MQ/Año	2	\$ 2,957,143	1	\$ 2,738,095	1	\$ 219,048
Consumo Gas En Bandas Reducción del 8% m ³ /Año	8742	\$ 1,509,142	8043	\$ 1,397,354	699	\$ 111,788
Materia Prima Indirecta En Bandas Reducción del 8% Kg/Año	7789.4	\$ 8,496,641	7166.2	\$ 7,867,260	623.1	\$ 629,381
Total 1						\$ 7,258,970

Fuente: Elaboración de autores, 2020.

Lo anterior se puede apreciar de mejor forma en la última Columna, donde se muestran los porcentajes de operación. Por otro lado, se puede apreciar en ambas tablas, en la parte inferior los datos básicos referentes al proceso llevado a cabo durante el caso real y los datos básicos del proceso ideal una vez realizada implementación de la máquina rectificadora, logrando en el caso ideal la eliminación de las piezas no conformes y la reducción de las máquinas empleadas en relación al caso real, pasando de 2 máquinas rectificadoras a 1 máquina rectificadora, en este punto, se pueden establecer otro tipo de oportunidades con las máquinas sobrantes como por ejemplo realizarles los ajustes correspondientes para disponerlas en otros procesos, hasta incluso revisar la vida útil de las máquinas, en donde si la máquina ya ha cumplido con su vida útil o está próxima a cumplirla se puede considerar la oportunidad de chatarrizar dichas máquinas para extraer compuestos metalúrgicos para reincorporarlos al proceso en forma de materia prima.

Entre tanto es posible establecer que se logra dar cumplimiento al propósito inicial, logrando una mejora en la eficiencia del proceso al no incurrir en el reproceso de piezas no conformes, y al eliminar dos etapas de rectificado que se llevaban a cabo anteriormente, las etapas de rectificado lateral y chaflan, por una sola etapa de Rectificado, aplicando la máquina rectificadora de tecnología CNC.

A continuación, en la siguiente tabla, se muestra en la parte superior los aspectos relevantes de la producción de bandas, su precio de venta, en la parte intermedia los costos asociados a los casos reales e ideales y como estos influyen en las ganancias del proceso. Por último, en el recuadro inferior se realiza una proyección de cómo es el ahorro durante el mes y el año, implementando la propuesta.

Tabla 59. Ahorros

AHORROS DE LA GESTIÓN	
PRECIO DE VENTA	
Producción Mensual Bandas	900
Precio De Venta Bandas	\$ 11,500
Venta Bandas	\$ 10,350,000
REALCION DE AHORROS Y GANANCIAS CASO REAL vs CASO IDEAL	
Costo Elaboración Bandas (Real)	\$ 8,166,341
Ganancia (Real)	\$ 2,183,659
Costo Elaboración Bandas (Ideal)	\$ 7,561,427
Ganancia (Ideal)	\$ 2,788,573
DIFERENCIA DEL AHORRO CON LA MQ NUEVA	
Ahorro Evidente Al Mes	\$ 604,914
Ahorro Evidente Al Año	\$ 7,258,970

Fuente: Elaboración de autores, 2020.

Una vez realizados todos los cálculos concernientes al análisis costo ineficiencia llevado a cabo, se estableció la viabilidad de la propuesta, a través del cálculo de la tasa de retorno de la inversión, además del indicador financiero conocido como valor presente neto (VPN), indicador que establece si un proyecto o propuesta es rentable a mediano y largo plazo (IEP, 2018). En donde si el VPN es positivo el proyecto o propuesta es viable y generará ganancias al recuperar la inversión realizada, mientras que si el VPN resulta negativo el proyecto no recuperará la inversión y desde luego no generará ganancias (Fundación Carlos Slim, s.f.).

En la siguiente tabla, se detalla la elaboración y puesta en marcha del proyecto. Encontrando de esta manera que la propuesta planteada goza de viabilidad económica al obtener un VPN positivo igual a \$ 1.136.666 millones de pesos, a partir de una inversión total \$ 19.292.932 millones de pesos colombianos. Por otro lado, el retorno total de la inversión se da en un margen de 4 años, en donde a partir del quinto año logran ahorros de cerca de \$ 5.291.784 millones de pesos, al finalizar el periodo de inversión, y al no incurrir en gastos de reprocesamiento de piezas no conformes, al operar la máquina al interior del proceso. una vez finalizado el tiempo de retorno de la inversión.

Tabla 60. Viabilidad del proyecto

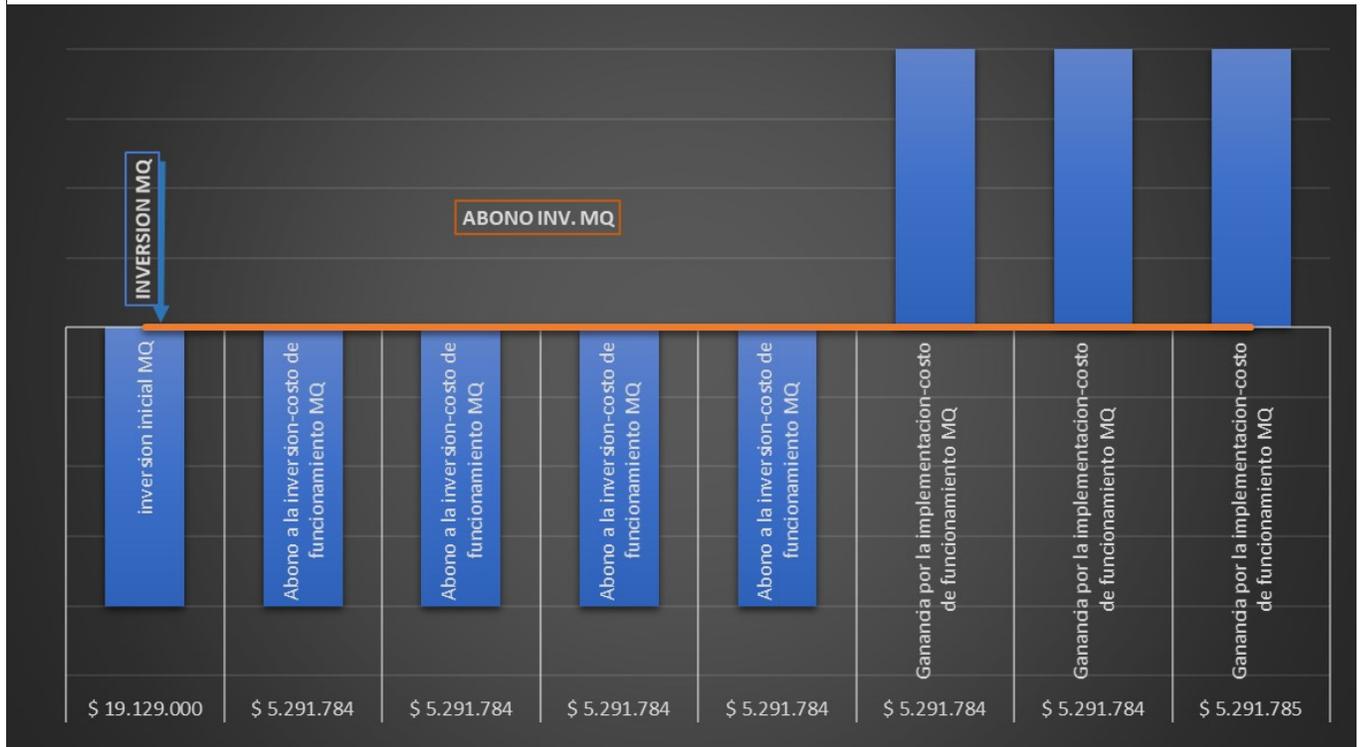
VIABILIDAD DEL PROYECTO	
GANANCIAS DE LA IMPLEMENTACIÓN	
DESCRIPCIÓN	COSTOS
Ganancias Año Del No Reproceso (Año)	\$ 7,258,970
Costo Funcionamiento MQ (Año)	\$ 1,967,186
TOTAL	\$ 5,291,784
COSTO TOTAL INVERSIÓN + OPERATIVIDAD (MES)	\$ 19,292,932
CALCULO DEL RETORNO DE LA INVERSION	
Retorno Inversión (Años)	4
Retorno Inversión (Días)	1309
CÁLCULO DEL VPN	
Interés Del Mercado	3.3%
Tasa De Inflación	0.4%
Tasa De Interés	2.9%
VPN	\$ 1,136,666

Fuente: Elaboración de autores, 2020

A continuación, se observa una gráfica en la que podemos ver una línea de tiempo concerniente al propuesta realizada y en la que podemos observar que en el mismo año en que se implemente la propuesta, se genera el desembolso de la inversión y por supuesto los gastos derivados de su funcionamiento, pero al mismo tiempo se observa que las ganancias por las ventas de los productos durante los primeros 4 años respaldan la inversión inicial realizada, ya que durante ese tiempo se abona y se cubre la deuda por completo, con lo cual durante los años restantes solo se observan las ganancias de la implementación, lo cual establece que el proyecto es viable desde cualquier punto de vista y que su consecución avala la propuesta.

² Tasa de Interés de la Propuesta 2020.
Tasa de Mercado (3.3%); Tasa de Inflación (0.42%)
(El Tiempo,2020) (El Colombiano,2020)

Figura 19. Línea de tiempo



Fuente: Elaboración de autores,2020.

De este modo se procede a formular la propuesta de mejora a partir de oportunidades de producción más limpia identificadas para el área de bandas para frenos de la empresa, a través de la viabilidad de la alternativa seleccionada, siendo esta presentada en el siguiente formato.

Tabla 61. Ficha propuesta

Propuesta: Rectificadora CNC de dos estaciones				Ficha N° 1		
Fecha de formulación:	7/04/2020	Elaborada por:	Autores			
Nombre de la Empresa	Sector al que pertenece	Área a la que se formula la Propuesta				
Empresa Metalmecánica	Metalmecánico	Productiva				
Proceso Productivo	Bandas para Freno de motocicleta	Producto:	Bandas de Freno			
Descripción de la Propuesta						
Optimización del proceso de Bandas para Freno de motocicleta, a través del desarrollo e implementación de alternativas que contribuyan al desarrollo productivo de la empresa. Para aumentar la eficiencia del proceso, a través de la reducción de la cantidad de materia prima, insumos y residuos utilizados y generados durante el proceso						
Objetivos:	Mejorar el desempeño ambiental de la empresa					
	Reducir los costos de producción generados durante el proceso, garantizando la calidad del producto					
Inversión			Retorno de la Inversión		Referencia de la Máquina	Número de Máquinas
\$ Costo Dólares	\$ Costo en pesos	\$ Costo de operación	Años	4 años	Máquina Rectificadora de Tecnología CNC	1
4.700	19.129.000	19.292.932				
Beneficios Ambientales de la Implementación						
✓	Reducción del 1340.3 (Kg/mes) en Residuos Generados (Peligrosos y Ordinarios)					
✓	Reducción del 1005.3 (Kwh/mes) en Energía Requerida					
✓	Reducción del 106 (Kg/mes) en Agua Requerida					
✓	Reducción del 106 (Kg/mes) por Costos de Tratamiento de Agua					
✓	Reducción del 670.2 (Kg/mes) por Consumo de Gas durante el proceso					
✓	Reducción del 6701.7 (Kg/mes) Consumo de Materia prima directa					
✓	Reducción del 597.2 (Kg/mes) en Consumo de Materia prima indirecta					
✓	Reducción de Mano de Obra Requerida de 1 operario					
Viabilidad de la Propuesta			Ahorros			
VPN	\$ 1.136.666		\$ 5.291.784			

Fuente: Elaboración de autores, 2020.

14. Conclusiones

De acuerdo a lo planteado en el objetivo general, en los objetivos específicos, y con los resultados obtenidos, se puede establecer, que se cumplió a cabalidad la finalidad del proyecto, gracias a que se pudo conocer la forma en la que la empresa se desempeña, conociendo de antemano a que se dedican, sus prácticas y operaciones diarias que son llevadas a cabo para poder diseñar y fabricar los productos que serán comercializados posteriormente, de ese modo se identificó, priorizo y estableció las acciones que debe adelantar y desarrollar la empresa para poder aumentar su desempeño ambiental.

14.1. *Objetivo específico 1*

- ✓ La aplicación de la GTC 93, puede ser adaptada a cualquier tipo de organización sin ningún tipo de limitaciones o restricción, y por tal razón se hizo pertinente el uso de esta en el desarrollo del trabajo de grado.
- ✓ Al comprender el funcionamiento de la empresa y de los procesos que allí se desarrollan, gracias a la información obtenida producto del diligenciamiento de los formatos y de los recorridos guiados que se adelantaron, se logró identificar los puntos más críticos de la empresa, donde se priorizaron oportunidades de producción más limpia que puede desarrollar la empresa en pro de mejorar su desempeño ambiental. En donde mediante la implementación del eco mapa y eco balance se encontró el punto más crítico, siendo este el proceso de bandas de freno de motocicleta, debido a que es el proceso productivo que requiere de una mayor demanda en algunos de los recursos naturales y materia prima, en donde se registraron los porcentajes más altos fueron en el consumo de agua (38.3%), agua residual (26.2%), materia prima (22.33%), y residuos (38.7%).
- ✓ La aplicación del eco balance permitió conocer la eficiencia del proceso productivo de bandas en el que se centró el desarrollo de este proyecto fue de un 79%. Si bien durante este proceso se identificaron varias acciones que se pueden desarrollar el alcance del proyecto, el tiempo de ejecución de este llevaron a que se identificará y priorizará aquellas que se pudiesen desarrollar.

14.2. *Objetivo específico 2*

- ✓ De acuerdo, a lo establecido con el realizar un árbol de problemas, cuyo propósito fue el de conocer la relación causa - efecto del proceso de bandas, y poder así identificar las razones que llevan a que este punto sea crítico, encontrando causas puntuales como lo son deficiencias técnicas y tecnológicas en el proceso más concretamente en las etapas de Rectificado, Enjuague, Desengrase y Granallado, este reconocimiento de oportunidades permite que se fomente el progreso económico y la disminución de impactos ambientales negativos.
- ✓ A través de las tablas que permiten la descripción de los procesos productivos realizados en la empresa que se adelantaron durante el desarrollo del objetivo específico número uno, se permitió conocer el proceso productivo de bandas para freno, con sus respectivas etapas. Y a partir del conocimiento del proceso se realizó una búsqueda literaria, con el fin de encontrar en la literatura ejemplos o casos de éxito de empresas del sector metalmecánico dedicadas a la fabricación de autopartes para motos, encontrando en estos un referente que permitió encontrar alternativas de producción más limpia, en donde a partir de las alternativas implementadas o adaptadas, se mejorará la eficiencia del proceso productivo seleccionado. Permitiendo formular una serie de alternativas que se ajusten a las necesidades del proceso productivo.
- ✓ Estas alternativas fueron evaluadas a través de la herramienta de toma de decisiones conocida como análisis multicriterio, para seleccionar alternativas de manera más sólida y estructurada, en donde se formularon una serie de criterios, nueve en total, con el fin de asignarle a cada alternativa un valor, concerniente a cada criterio, en donde una vez realizada la ponderación de cada alternativa, la alternativa de mayor puntaje sería la alternativa seleccionada. Siendo la

alternativa de rectificado, la alternativa seleccionada con un total de 3211,54 puntos. Indicando de esta manera que es la mejor alternativa, y la que conlleva un desarrollo más eficiente del proceso ya que la implementación de esta medida al interior del proceso representaría la reducción de dos etapas claves, la etapa de rectificado lateral y chaflán en una sola etapa de rectificado.

14.3. *Objetivo específico 3*

- ✓ Por último, y una vez identificada y seleccionada la alternativa que mejor responde a las necesidades de la empresa, se formuló de manera formal la propuesta. Estableciendo que la alternativa es ambientalmente viable, desde la reducción que se genera en el consumo de recursos, residuos y materias primas e insumos empleados en el proceso.
- ✓ En cuanto a la viabilidad económica de la propuesta, esta es favorable al presentar un VPN positivo de 1.136.666 millones de pesos además de contar con múltiples beneficios, como lo es que la empresa recupera la inversión en un período de 4 años, siendo este un período relativamente corto para el retorno de una inversión de 19.292.932 millones de pesos colombianos.
- ✓ Otro de los beneficios que ofrece esta propuesta son los ahorros que representa para la empresa el hecho de no incurrir en acciones de reprocesamiento de piezas que no cumplen con los estándares y requisitos requeridos, con ahorros evidentes de cerca de 7.258.970 millones de pesos al año, mientras que en ahorros escondidos encontramos que la empresa contaría con un total de 5.291.784 millones de pesos al año, a partir del quinto año después de haber recuperado la inversión.

15. Recomendaciones

- ✓ Es importante por parte de los miembros directivos y administrativos, fortalecer las políticas de la empresa con la incorporación de estrategias de producción más limpia como modelo de desarrollo empresarial.
- ✓ Realizar constantes monitoreos a la parte productiva de la empresa, por parte de los miembros administrativos, con el propósito de establecer mejores canales de comunicación entre miembros administrativos, ingenieros y personal técnico encargado de esta área, para contribuir al éxito empresarial, identificando las debilidades con las que cuenta la empresa para que estas puedan ser traducidas en fortalezas y oportunidades.
- ✓ Si bien la investigación aquí presentada se centró en el proceso productivo de bandas, gracias a lo que se conoció de la empresa a través de los formularios y las visitas realizadas, existen más procesos productivos en los que se podrían adelantar alternativas que propendan la mejora de la empresa en varios aspectos productivos y no productivos.
- ✓ La empresa debe considerar la posibilidad de evaluar un reajuste en su infraestructura, para así poder llevar a cabo mejores prácticas con sistemas de control más estandarizados, adicionalmente

y debido a que en las visitas realizadas se evidenció que existen gran cantidad de materiales y elementos que son utilizados por la empresa en lugares en donde no deberían encontrarse, se sugiere realizar un inventario de estos insumos, para poder establecer un sitio óptimo en donde se puedan almacenar.

- ✓ Si la empresa opta por llevar a cabo la implementación de esta propuesta es importante hacer seguimientos que permitan verificar la correcta incorporación de esta medida adoptada, y poder así llevar registro de los beneficios obtenidos para que sirvan de justificación y soporte para la implementación de futuras alternativas.
- ✓ De acuerdo con los resultados obtenidos en el objetivo específico dos cuando se evaluaron las alternativas para este proceso, es importante saber que si se desea aumentar aún más la eficiencia de este proceso productivo, a partir de la incorporación y adopción de cada una de las alternativas presentadas, estas deberán ejecutarse en el siguiente orden siendo en primer lugar la alternativa de Rectificado, seguida de la alternativa de Desengrase, posteriormente la alternativa de Enjuague y en último lugar la alternativa de Granallado, y de esta manera tener en cuenta las alternativas restantes para mejorar la eficiencia del proceso productivo.
- ✓ Otro de los aspectos a mejorar al interior de la planta productiva, es la definición y delimitación de cada uno de los procesos productivos, en donde si bien existe gran cantidad de etapas y maquinaria, que comparten características de producción comunes o similares con diferentes procesos, y que pueden contribuir al desarrollo y fabricación de los productos que la empresa maneja, no existe una delimitación evidente que permita conocer donde arranca un proceso productivo y donde comienza otro totalmente diferente.
- ✓ Es de carácter vital, que la empresa considere la posibilidad de estimar y valorar el uso que se le da a los consumos y generaciones en cuanto a agua, energía y residuos. Porque si bien es cierto que la empresa cuenta con la cuantificación del consumo y generación global de cada proceso, no se cuenta con datos exactos de algunas de las etapas que intervienen en estos procesos. Con el propósito principal de tener información mucho más exacta y verídica para la incorporación de nuevas alternativas.
- ✓ Se destaca que la empresa muestra interés por adoptar iniciativas ambientales como lo es la iniciativa del compostaje que adelantan, sin embargo, la empresa cuenta con espacios libres en donde no se adelantan ningún tipo de actividad, que pueden servir para promover más medidas amigables con el ambiente y que contribuyan al desarrollo de la empresa.
- ✓ Se recomienda de capacitar al personal en iniciativas de Producción más limpia, con el propósito de que los empleados de la empresa en el ejercicio de su deber busquen oportunidades de procesos más limpios, que con lleven múltiples beneficios para todos los miembros de la empresa.

16. Referencias bibliográficas

- Alcaldía mayor de Bogotá. (2010). Guía para la gestión y manejo Integral de residuos Industria Metalmeccánica. Recuperado de: file:///C:/Documents%20and%20Settings/Usuario/Mis%20documentos/Downloads/guia_metal_mecanica.pdf.
- Alcaldía de Tocancipá. (2020). Recuperado de: <http://www.tocancipa-cundinamarca.gov.co/MiMunicipio/Paginas/Ecologia.aspx>
- Alcaldía de Tocancipá. (2019). Información del Municipio. Recuperado de: <http://www.tocancipa-cundinamarca.gov.co/MiMunicipio/Paginas/Informacion-del-Municipio.aspx>
- Alcaldía Mayor de Bogotá. (2013). Guía metodológica para la evaluación de impactos ambientales. Secretaría distrital de integración social. Recuperado de [http://intranetsdis.integracionsocial.gov.co/anexos/documentos/3.4_proc_adminis_gestion_bien_es_servicios/\(08052013\)guia_final.pdf](http://intranetsdis.integracionsocial.gov.co/anexos/documentos/3.4_proc_adminis_gestion_bien_es_servicios/(08052013)guia_final.pdf)
- Alcaldía Mayor de Bogotá. (2010). *Guía para la gestión y manejo Integral de residuos Industria Metalmeccánica*. Recuperado de http://www.ambientebogota.gov.co/documents/10157/224727/guia_metalmeccanica.pdf
- ANDI. (2020). *Cámara Fedemetal*. Obtenido de <http://www.andi.com.co/Home/Camara/10-fedemetal>
- ANDI. (2020). *Quienes somos*. Obtenido de <http://www.andi.com.co/Home/Pagina/1-quienes-somos>
- Alcaldía de Tocancipá. (2017). *Misión y Visión*. Obtenido de <http://www.tocancipa-cundinamarca.gov.co/NuestraAlcaldia/Paginas/Mision-y-Vision.aspx>
- Alcaldía de Tocancipá. (2017). *Secretaría de Ambiente*. Obtenido de <http://www.tocancipa-cundinamarca.gov.co/Dependencias/Paginas/Secretaria-de-Ambiente.aspx>
- Alibaba. (2020). CNC Máquinas de rectificado. Recuperado de: <https://spanish.alibaba.com/product-detail/made-in-china-cnc-grinding-machinery-with-250-75-25mm-using-grinding-wheel-60803338817.html?spm=a2700.8699010.normalList.106.42914a05SEGzxX>
- Angulo, B. E. (2015). Estudio de factibilidad para la creación de una planta dedicada a la producción de pastillas de freno en la ciudad de guayaquil. Tesis de grado. Guayaquil – Ecuador: Universidad de Guayaquil.
- Arrieta, (2015). Producción Más Limpia En La Industria. Secretaria Distrital de Ambiente. Recuperado de: http://ambientebogota.gov.co/c/document_library/get_file?uuid=38f763fe-6a37-453d-80c6-aa1663ce349&groupId=24732
- Aceros Cartago S.A. (2015). ¿Qué es Pasivado? Obtenido de <https://aceroscartago.com/index.php/pasivado/preguntas-y-respuestas/que-es-el-pasivado>
- Bacuilima, F. , & Zapatán, C. (2012). Análisis del proceso de fundición y propuestas de mejoras en la eficiencia de producción de bases dentadas en la empresa Press Forja S.A. Tesis de grado. Cuenca. Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca.
- Bernal, A. ; Beltrán, C. & Márquez A. (2016). Producción Más Limpia: Una revisión de aspectos generales. Revista I3+, 3(2), 66 - 84 p.
- Benavides, L. A., López Leiva, L., Salamanca, L. A., & Zuluaga Bernal, N. (2013). *Trabajo de equipos de operaciones con sólidos en filtración*. Obtenido de <https://es.slideshare.net/ivanramma/filtracion-3>

- Blasting Experts. (2016). *EQUIPOS PARA GRANALLADO DE TUBOS*. Obtenido de https://blastingexperts.com/Web_final/images/ProdPortfolio/prd/EquiposGranalladoTuberia.pdf
- Blount, E., Crespo, M., & Romano, D. (2003). *Guía sindical para la eliminación de tóxicos en la limpieza y desengrase de metales*. Obtenido de <http://istas.net/descargas/metales.pdf>
- CAR. (2018). *Misión y Visión*. Obtenido de <http://www.car.gov.co/vercontenido/3>
- Cárdenas, L. & Cortés, L. (2017). Diseño de propuesta de producción más limpia para la fábrica de calzado femenino MVDK Shoes, Santiago de Cali, Valle del Cauca. Tesis de grado. Santiago de Cali: Universidad de Autónoma de Occidente.
- CPTS (2005). Guía Técnica General de Producción Más Limpia. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/283298458_Guia_Tecnica_General_de_Produccion_Mas_Limpia
- CONIEX. (2015). *Lavado industrial de piezas primera parte*. Obtenido de <https://www.coniex.com/lavado-industrial-de-piezas-a-circuito-cerrado-con-disolventes-primera-parte/>
- CYM MATERIALES SA. (S.F). *Turbinas de Granallado Ruedas Monoblock vs. Paletas intercambiables*. Obtenido de <https://cym.com.ar/intranet/Turbinas-granallado-granalla-wheel-blasting-surfacepreparation-cym.pdf>
- CNPML. (2002). *Casos de aplicación de Producción Más Limpia en Colombia*. Medellín: Editorial Clave. Obtenido de <http://www.ingenieroambiental.com/4014/guiasdocumentos3.pdf>
- CNPML, (2007). Producción más limpia: Sector Metalmecánico. Editor. Medellín – Colombia, Área metropolitana del valle de aburra.
- Consejo Nacional de Política Económica y Social República de Colombia Departamento Nacional de Planeación. (2016). *CONPES 3874*. Obtenido de <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/3874.pdf>
- Delgado, F. M., Sánchez García, D. P., & Olaya Flórez, J. J. (2015). Reciclaje de aluminio: oportunidades de desarrollo en Bogotá (Colombia). Universidad Nacional Gest. Ambient., Volumen 18, Número 2, p. 135-152.
- De máquinas y herramientas. (2020). ¿Qué son los dados o bocallaves de impacto y cuáles son sus tipos? Obtenido de <https://www.demaquinasyherramientas.com/herramientas-manuales/que-son-los-dados-para-impacto-y-cuales-son-sus-tipos>
- Escuela Técnica Superior de Ingeniería Bilbao.(2014).Mecanizado por Arranque. Recuperado de: http://www.ehu.eus/manufacturing/docencia/729_ca.pdf.
- Eduarne, A. & López, L.(2018). Herramientas de corte: la clave está en el filo. Departamento de Ingeniería Mecánica de la Escuela de Ingeniería de Bilbao .Recuperado de:

<https://www.interempresas.net/MetalMecanica/Articulos/207004-Herramientas-de-corte-la-clave-esta-en-el-filo.html>

- El Congreso de Colombia. (1995). *Ley 223* . Recuperado de “Por la cual se expiden normas sobre racionalización tributaria y se dictan otras disposiciones”:
http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley_0223_1995.html
- El Congreso de Colombia. (2002). *Ley 788*. Recuperado de “Por la cual se expiden normas en materia tributaria y penal del orden nacional y territorial; y se dictan otras disposiciones”:
http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley_0788_2002.html
- El Congreso de Colombia .(2013).*Ley 1672* de 2013. Política pública de Gestión Integral de Residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE).Recuperado de:
<https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/listados/tematica2.jsp?subtema=22756&cadena=s>
- El Congreso de Colombia.(2014).*Ley 1715* de 2014. Se regula la integración de las energías renovables no convencionales al Sistema Energético Nacional. Recuperado de:
http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley_1715_2014.html
- El Congreso de Colombia . (1993). *Ley 99* . Recuperado de “Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA, y se dictan otras disposiciones”:
<https://www.cbd.int/doc/measures/abs/msr-abs-co4-es.pdf>
- El Congreso de Colombia . (1994). *Ley 142*. Recuperado de “Por la cual se establece el régimen de los servicios públicos domiciliarios y se dictan otras disposiciones”.:
<https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=2752>
- El Congreso de la República de Colombia . (2008). *Ley 1252*. Obtenido de Por la cual se crea el sistema de seguridad social integral y se dictan otras disposiciones Recuperado de
http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley_0100_1993.html
- El Congreso de Colombia . (1993). *Ley 55*. Obtenido de Por medio de la cual se aprueba el "Convenio No. 170 y la Recomendación número 177 sobre la Seguridad en la Utilización de los Productos Químicos en el trabajo", adoptados por la 77a. Reunión de la Conferencia General de la O.I.T., Ginebra, 1990. Recuperado de
http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley_0055_1993.html
- El Congreso de Colombia . (2002). *Ley 776*. Obtenido de Por la cual se dictan normas sobre la organización, administración y prestaciones del Sistema General de Riesgos Profesionales. Recuperado de
<https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=16752>
- El Tiempo. (2020). Inicio del 2020 con inflación a la baja, fue de 0,42 %, según el Dane. Recuperado de:
<https://www.eltiempo.com/economia/sectores/asi-se-comporto-la-inflacion-en-enero-del-2020-459424>
- El Colombiano. (2020). Tasas de Interés. Recuperado de:
<https://www.elcolombiano.com/cronologia/noticias/meta/tasas-de-interes>
- España, G. D. (2016). *Ministerio de agricultura, pesca y alimentación*. Recuperado de
https://www.miteco.gob.es/es/ministerio/servicios/publicaciones/memoria_mapama_2016_tcm7-468696_tcm30-431408.pdf
- Espinoza, G. (2002). *Gestión y Fundamentos de Evaluación de Impacto Ambiental*. Santiago de Chile: Editorial ANDROS. Recuperado de:
<http://www.ced.cl/ced/wp-content/uploads/2009/03/gestion-y-fundamentos-de-eia.pdf>
- Empresa Metalmecánica. (2019). Información de contacto. Recuperado de:
<http://www.industriasjapan.com/>

- Empresa Metalmeccanica (2019). Catalogo Japan. Recuperado de: https://issuu.com/industriasjapansa/docs/catalogo_12_de_junio_2019
- Empresa Metalmeccanica. (2014). Lista de precios actualizada. Recuperado de: https://issuu.com/industriasjapansa/docs/lista_de_precios_actualizada_2014
- Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito. (2007). Fresado y taladrado protocolo, pág. 24. Recuperado de: https://www.escuelaing.edu.co/uploads/laboratorios/5128_taladro.pdf
- EE-METAL. (2016). *Aplicación de medidas de eficiencia energética para las PYME y la industria metalúrgica y metalúrgica*. Obtenido de https://www.ee-metal.com/wp-content/uploads/2017/06/D2.3-Base-de-datos-de-t%C3%A9cnicas-disponibles-en-energ%C3%ADa-_web_spanish-REVISED-v2.pdf
- Fajardo, H. (2017). La producción más limpia como estrategia ambiental en el marco del desarrollo sostenible. *Revista Ingeniería Matemáticas y Ciencias de la Información*. 4. 47-59. 10.21017/rimci.2017.v4.n8.a32.
- Fierro, M. & Gonzales. A. (2015). Estudio De Factibilidad Para La Creación De Una Institución De Preescolar En El Municipio De Tocancipá, Cundinamarca. Tesis de grado. Chía: Universidad de la Sabana.
- Fundación Carlos Slim,(s.f.).Calculo del VPN. Recuperado de: <https://cdn3.capacitateparaeempleo.org/assets/4hndmax.pdf>
- Fundación Entorno, Empresa y Medio Ambiente. (1998). Informe medioambiental del sector metalmeccánico.Recuperado de : http://www.bizkaia21.eus/biblioteca_virtual/download_documento.asp?idDoc=877&idArea=1&idPagina=124&volver=2&idioma=eu&pag=9&orden=4&tipoOrden=1.
- Foment del Treball Nacional. (2013). *GUÍA DE SEGURIDAD PARA MÁQUINAS*. Obtenido de <https://www.aepsal.com/wp-content/uploads/2016/04/guia-seguridad-maquinas-1-red.pdf>
- Gemelli, A. (2008) *Estrategia de turismo Sustentable en reservas de biosfera y sitios RAMSAR de Argentina*. Recuperado de: <https://www.ar.undp.org/content/dam/argentina/Publications/Energia%20y%20Desarrollo%20Sostenible/Libro%20Estrategia%20de%20Turismo%20Sustentable%20-%20versi%C3%B3n%20PDF.pdf>
- Giraldo, L. & Álzate, L. (2016). Evaluación de la gestión de los residuos sólidos en pequeños floricultivos del Municipio de La Ceja Antioquia. Tesis de grado. Caldas: Corporación Universitaria Lasallista.
- Gamboa, A. & Yepes, F. (2017). Análisis de la utilización de estrategias de producción más limpia y adaptación de un sistema de indicadores de manejo ambiental en las empresas del clúster textil confecciones del Tolima. *Revista Luna Azul*, 48, 48-69. DOI: 10.17151/luaz.2019.48.3.
- Garzón, R. & Gutiérrez, G. (2016).Estrategias de producción más limpia para el proceso de cromado en la empresa ZINC. LTDA.Tesis de grado. Bogotá: Universidad Libre.
- Grumeber. (s.f). Maquinaria CNC en rectificado. Recuperado : <https://www.grumeber.com/ventajas-desventajas-centros-mecanizados-cnc/>

- Gutiérrez, V. A. (s.f). *CERAMICAS GRANITO DE ORO LIMITADA*. Obtenido de <http://www.redescar.org/sites/default/files/2019-11/6-Ficha-PML-GRANITO.pdf>
- Grefa, J. L., & Farinango Casanova, Á. P. (2012). Implementación de un tablero didáctico de un sistema de frenado hidráulico con accionamiento manual, control de parada y presión de frenado electrónico, para el laboratorio de la escuela de ingeniería automotriz de la epoch. Recuperado de: <http://dspace.epoch.edu.ec/handle/123456789/2288?mode=full>
- González, J. F. (2010). *Control Avanzado en Procesos Industriales de Microfiltración y Ultrafiltración tangencial*. Obtenido de https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/14051/Tesina_Master_Control_MF_JFRG.pdf?sequence=1
- Gobierno de la Republica de Colombia. (2019). *Estrategia Nacional de Economía Circular. Cierre de ciclos de materiales, innovación tecnológica, colaboración y nuevos modelos de negocio*. Obtenido de http://www.andi.com.co/Uploads/Estrategia%20Nacional%20de%20Economía%20Circular-2019%20Final.pdf_637176135049017259.pdf
- Hajkowicz, S., & Higgins, A. (2008). Una comparación de técnicas por medio del análisis multicriterio para la administración del recurso hídrico. *European Journal of Operational Research*, 184, 265. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2006.10.045>
- Henao, D. I. (2009). Aplicación de estrategias de producción más limpia en el proceso de fosfatizado en el sector metalmeccánico: Suzuki motor de Colombia s.a. (Tesis de grado). Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira.
- Hoof, B. v., Monroy, N., & Saer, A. (2008). Producción más Limpia: Paradigma de la gestión ambiental. Alfaomega. Pag 41-151
- Hoof, V. (s.f). Las herramientas de PML para analizar costos de ineficiencia en empresas. Recuperado de: <https://www.yumpu.com/es/document/read/38341611/herramientas-del-pml-para-analizar-costos-de-ineficiencia-cedum>
- Interempresas. (2019). Nueva turbina de granallado que ayuda a reducir los costos en el tratamiento de superficies. Recuperado de: <http://www.interempresas.net/MetalMecanica/FeriaVirtual/Producto-Turbinas-de-granallado-Rosler-Gamma-400-G-134468.html>.
- ICONTEC. (2007). Norma Técnica Colombiana GTC 93. Guía para la ejecución de la revisión ambiental inicial (RAI) y del análisis de diferencias (GAP ANALYSIS). Bogotá D.C.
- Interempresas, (2019). Rectificadoras de alta producción. Recuperado de: <https://www.interempresas.net/MetalMecanica/FeriaVirtual/Producto-Rectificadoras-de-alta-produccion-Junker-Juflex-80167.html>
- IEP, (2018). .Recuperado de :<https://www.iep-edu.com.co/que-es-vpn-en-finanzas/>
- Intriago, M. (2011). Implementación de un programa de producción más limpia (PML) en la empresa metalmeccánica Esacero S.A. Tesis de grado. Quito– Ecuador :Universidad internacional SEK.

- Izurieta, P. (S.F). Manual Practico de Galvanoplastia. RecuperaGTCdo de: https://kupdf.net/download/108721221manualgalvanoplastiapdf_59cb448808bbc5c079686ef6_pdf
- Jaramillo, L ; Mosquera, L. & Vargas, L. (2014). Los Jóvenes De Tocancipá Construyen Ciudadanía A Través De La Radio Comunitaria. Tesis de grado. Chía: Universidad de la Sabana.
- Junker, & Zema. (S.F). *Grinding Machines*. Obtenido de <https://www.junker-group.com/grinding-machines/products/quickpoint/>
- Jo (2017). Propuesta Para La Implementación De Producción Más Limpia En La Fábrica De producción De Los Laboratorios Vet, S.A. Tesis de gado. Guatemala: Universidad Rafael Landívar
- Losada ,M. & Rivera, L. (2016). Evaluación Del Manejo Y Operación De La Planta De Tratamiento De Aguas Residuales Del Municipio De Tocancipá (Cundinamarca). Tesis de grado. Bogotá: Universidad Distrital Francisco Jose de Caldas.
- LZZG.(2019). *Ventajas y Desventajas de Prensa de Filtro*. Obtenido de <https://www.lzzgchina.es/news/ventajas-y-desventajas-de-prensa-de-filtro.html>
- Lentech. (2020). *Filtro de prensa para el tratamiento de lodos*. Obtenido de <https://www.lenntech.es/filtro-de-prensa-para-lodos.htm>
- Machado, G. F. (2005). Estudio de impacto ambiental para la construcción y funcionamiento de la planta de agua potable del sistema Culebrillas. Cuenca. Retrieved from <https://www.etapa.net.ec/Portals/0/Agua Potable/ingProyectos/Capítulo 4. Comp Amb Alternativas.pdf>
- Madrid, M. (s.f). TECNOLOGÍA DE LA ADHESIÓN. Obtenido de https://www2.ulpgc.es/hege/almacen/download/7071/7071377/curso_de_adhesivos.pdf
- McLanahan. (2020). *Filtros prensa*. Obtenido de <https://www.mclanahan.com/es/productos/filtros-prensa>
- MetalMind. (2017). Qué es la metalmecánica y su importancia dentro del sector industrial. Recuperado de: <http://www.metalmind.com.co/importancia-de-la-metalmecanica>
- Manual de Producción Más Limpia para el sector salud. (2006). Importancia de la Producción Más Limpia en IPS. Recuperado de: <http://ambientebogota.gov.co/documents/24732/3988209/Manual+de+Producci%C3%B3n+M%C3%A1s+Limpia+para+el+Sector+Salud.pdf>
- Martínez, Fernández (s.f). Metodologías E Instrumentos Para La Formulación, Evaluación Y Monitoreo De Programas Sociales. Recuperado de: http://recursos.salonesvirtuales.com/assets/bloques/martinez_rodrigo.pdf
- Multotec. (2019). *Filter Press*. Obtenido de <https://www.multotec.com/en/filter-pres>
- Monroy, E. ; Peña, C. & Cortès, G. (2019). Estrategias de producción más limpia –PML: caso aplicado a la industria de curtiembre. Revista producción + limpia, Volumen (14) no , Pag 61-75.
- Motofrenos. (2019). Material de fricción para uso industrial. Recuperado de: <https://www.motofrenos.com/productos/material-de-friccion-para-uso-industrial/>
- Mora, Á. E. (2018). "DISEÑO, PROGRAMACIÓN, SIMULACIÓN Y FABRICACIÓN EN CNC CON PROGRAMAS DE CAD/CAM". (Proyecto de Grado). Universidad Autónoma de México.

- Cuatitlán Izcalli. Obtenido de http://olimpia.cuautitlan2.unam.mx/pagina_ingenieria/mecanica/mat/mat_mec/m9/TESIS_diseno_programacion_simulacion_fabricacion_CNC.pdf
- Muñoz, N. & Camacho, R (2015). *Formulación Del Programa De Producción Más Limpia En La Universidad Libre-Sede Candelaria*. Tesis de grado. Bogotá: Universidad Libre de Colombia
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2020). *Misión y Visión*. Obtenido de <http://www.minambiente.gov.co/index.php/ministerio/mision-y-vision>
- Ministerio de Ambiente, V. Y. (2016). *Tesoro Ambiental para Colombia*. Recuperado de http://www.invepar.org.co/redcostera1/invepar/docs/tesoro_ambiental/naveg.htm
- Ministerio de ambiente y Desarrollo Sostenible . (2015). *Resolución 631*. Obtenido de Por la cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones. Recuperado de https://docs.supersalud.gov.co/PortalWeb/Juridica/OtraNormativa/R_MADS_0631_2015.pdf
- Ministerio de ambiente y Desarrollo Sostenible. (2017). *Resolución 2254*. Obtenido de Por el cual se adopta la norma de calidad del aire ambiente y se dictan otras disposiciones Recuperado de <http://www.minambiente.gov.co/images/normativa/app/resoluciones/96-res%202254%20de%202017.pdf>
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2008). *Decreto 0909* . Obtenido de Por la cual se establecen las normas y estándares de emisión admisibles de contaminantes a la atmósfera por fuentes fijas y se dictan otras disposiciones: <https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=31425&dt=S>
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2010). *Resolución 0650* . Obtenido de Por la cual se adopta el Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire: <https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=39331>
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2010). *Resolución 0651*. Obtenido de Por la cual se crea el Subsistema de Información sobre Calidad del Aire - Sisaire.: <https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=39332&dt=S>
- Ministerio de ambiente y Desarrollo Sostenible. (2017). *Resolución 1962* . Obtenido de Por la cual se expide el límite del indicador de cociente del inventario de emisiones de gases de efecto invernadero del Etanol Anhidro Combustible Desnaturalizado y se adoptan otras disposiciones: <https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=71706&dt=S>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2018). Decreto 1990 de 2018. Recuperado de: <https://www.arus.com.co/decreto-1990-plazos-pago-de-aportes/>
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2009). *Resolución 0372 “Por la cual se establecen los elementos que deben contener los Planes de Gestión de Devolución de Productos Posconsumo de Baterías Usadas Plomo Ácido, y se adoptan otras disposiciones”*. Obtenido de https://www.minambiente.gov.co/images/BosquesBiodiversidadyServiciosEcosistemas/pdf/Normativa/Resoluciones/res_0372_260209.pdf
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2017). *Resolución 1326. “Por el cual se establecen los Sistemas de Recolección Selectiva y Gestión Ambiental de Llantas Usadas y se dictan otras disposiciones”* . Obtenido de <https://www.minambiente.gov.co/images/normativa/app/resoluciones/d9-res%201326%20de%202017.pdf>

- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2009). *Resolución 0372 "Por la cual se establecen los elementos que deben contener los Planes de Gestión de Devolución de Productos Posconsumo de Baterías Usadas Plomo Ácido, y se adoptan otras disposiciones"*. Obtenido de https://www.minambiente.gov.co/images/BosquesBiodiversidadyServiciosEcosistemas/pdf/Normativa/Resoluciones/res_0372_260209.pdf
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2017). *Resolución 1326. "Por el cual se establecen los Sistemas de Recolección Selectiva y Gestión Ambiental de Llantas Usadas y se dictan otras disposiciones"*. Obtenido de <https://www.minambiente.gov.co/images/normativa/app/resoluciones/d9-res%201326%20de%202017.pdf>
- Oliveira, J. ;Lopes, D. ;Devós, G. ; Filho, M. ; Alves, A. ; Esposto, K. & Ometto, A.(2019) Cleaner Production practices, motivators and performance in the Brazilian industrial companies. *Journal of Cleaner Production*, Volume (231).Pages 359-369
- Oliveira, H. ; Silva, J. ; Melo, F. ; Medeiros, D.(2019). An approach to implement cleaner production in services: Integrating quality management process. *Journal of Cleaner Production*, Volumen 246.
- Paredes, P.(2014). Producción más limpia y el manejo de efluentes en plantas de harina y aceite de pescado. *Revista de la Facultad de Ingeniería Industrial*, 17(2): 72-80
- Pardo, S. (2015). *Impuesto De Industria Y Comercio En La Última Década Del Municipio De Tocancipá*. Trabajo de grado. Tocancipá: Universidad Militar Nueva Granada.
- PROCOLOMBIA. (2016). *Manual de empaque y embalaje para exportación*. Obtenido de https://procolombia.co/sites/default/files/manual_de_empaque_y_embalaje_para_exportacion.pdf
- Presidencia de la Republica de Colombia . (2005). *Decreto 4741*. Recuperado de "Por el cual se reglamenta parcialmente la prevención y el manejo de los residuos o desechos peligrosos generados en el marco de la gestión integral": <https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=18718>
- Presidencia de la Republica de Colombia . (1997). *Decreto 1697*. Obtenido de Por medio del cual se modifica parcialmente el Decreto 948 de 1995, que contiene el Reglamento de Protección y Control de la Calidad del Aire: <https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=1269&dt=S>
- Presidencia de la Republica de Colombia . (2006). *Decreto 979* . Obtenido de Por el cual se modifican los artículos 7°, 10, 93, 94 y 108 del Decreto 948 de 1995.: <https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=19973>
- Presidencia de la Republica de Colombia . (2003). *Decreto 139*. Obtenido de por el cual se modifican los parágrafos 2° y 3° del artículo 23 del Decreto 3683 del 19 de diciembre de 2003. Recuperado de <http://www.suin-juriscal.gov.co/viewDocument.asp?id=1031196>
- Presidencia de la Republica de Colombia. (2008). *Decreto 1299 de 2008*. En donde se reglamenta el departamento de gestión ambiental de las empresas a nivel industrial y se dictan otras disposiciones. Recuperado de: https://www.minambiente.gov.co/images/normativa/decretos/2008/dec_1299_2008.pdf
- Presidencia de la Republica de Colombia. (2010). *Decreto 3930 de 2010*. Recuperado de: https://www.minambiente.gov.co/images/normativa/decretos/2010/dec_3930_2010.pdf

- Presidencia de la Republica de Colombia. (2015).Decreto 1076. Recuperado de: <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=77887>
- Quispe, R., & Renzo, E. (2018). *Evaluación de eficiencia energética de máquinasherramientas en el taller automotriz del IESTPMario Gutiérrez López, Orcotuna -Concepción*. (Proyecto de Grado). Universidad de Nacional del Centro del Perú Facultad de Ingeniería Mecánica. Huancayo-Perú.
- Rosler International GmbH & Co. KG. (2015).Superficies. Recuperado de: <https://www.interempresas.net/MetalMecanica/Articulos/136821-Nueva-turbina-de-granallado-que-ayuda-a-reducir-costos-en-tratamiento-de-superficies.html>
- Rosler. (2020). *Técnica de turbinas de Rösler* . Obtenido de <https://es.rosler.com/es-es/innovacion-y-tecnologia/tecnica-de-turbinas-de-roesler>
- Rodríguez, J. & Neira, G . (2017). *¿Es La Informalidad La Raíz Del Deterioro De La Industria Metalmeccánica En Bogotá?* Tesis de grado. Bogotá: Fundación Universitaria Empresarial De La Cámara De Comercio
- Rioja, (2017). *Gobierno de la Rioja*. Recuperado de <http://www.larioja.org/medio-ambiente/es/prevencion-control-ambiental/evaluacion-impacto-ambiental>
- Rojas, (2011). Siete Pasos para implementar la Producción más Limpia en su Organización. Cegesti No 138, Pag 1-3.
- Roque, D. I., Casallas Morales, A. I., Comayan, J., & Cucaita Ospina, C. J. (2018). DISEÑO DE UN SISTEMA DE GESTIÓN AMBIENTAL EN LA EMPRESA RECTIFICADORA DE MOTORES (BOGOTA-COLOMBIA). *Palermo Business Review*. Obtenido de https://www.palermo.edu/economicas/cbrs/pdf/pbr18/PBR_18_09.pdf
- Restrepo, L. (2008) Análisis de costos para la implementación de alternativas de PML en los procesos constructivos críticos del proyecto terminal satélite de pasajeros del sur en el Distrito Capital. Tesis de grado. Bogotá: Universidad de la Salle
- RedES-CAR. (2015).: Pionera en la transformación productiva de PYMES*. Obtenido de <https://cec.uniandes.edu.co/index.php/redescar>
- Rodríguez, H. (2017). Propuesta de una metodología de producción más limpia en la división de pulpas y congelados de la cooperativa nacional de productores de sal en limonal de abangares. Tesis de grado. Heredia: Universidad Nacional facultad de ciencias de la tierra y el mar escuela de ciencias ambientales.
- Rojas et, al. (s.f). SOLUTION GROUP. Recuperado de: <http://www.redescar.org/sites/default/files/2019-12/04-Ficha-proyecto-PML-Solutions-Group.pdf>
- Ramírez, (s.f). SUMIMAS S.A.S. Recuperado de: <http://www.redescar.org/sites/default/files/2019-12/04-Ficha-proyecto2PML-Sumimas.pdf>
- Severo, E. ; Ferro, J. ; Henri,E. & Nodari, C.(2015).Cleaner production, environmental sustainability and organizational performance: an empirical study in the Brazilian Metal-Mechanic industry. *Journal of Cleaner Production*, Volume (96),Pages 118-125.
- Sánchez, F. (2009). Gestión para La Producción Más Limpia. Recuperado de: http://www.esap.edu.co/portal/download/m%C3%B3dulos_pregrado/tecnolog%C3%ADa_en_gesti%C3%B3n_p%C3%BAblica_ambiental/semestre_v/4_ges_produ_mas_limpia.pdf
- Secretaria Distrital de Ambiente. (S.F). *Importancia de la Producción Más Limpia en IPS*. Recuperado de

- <http://ambientebogota.gov.co/documents/24732/3988006/capitulo+1.+Importancia+de+la+Producción+mas+limpia+en+IPS.pdf>
- Silva, Y.(2017). Formulación De Estrategias De Producción Más Limpia, En La Industria Farmacéutica. Tesis de grado. Bogotá: Universidad Francisco Jose de Caldas.
- Sampieri, R. H. (2014). *Metodología de la investigación, Sexta Edición*. México: McGraw-Hill Interamericana.
- Soza, M. G. (2018). La Pirámide de Kelsen o Jerarquía Normativa en la Nueva CPE y el Nuevo Derecho Autonómico . *scielo*, 7(9).
- S.P.C.B. (2018). *Sistema de recogida y de reciclado in-situ de aguas de desengrase para filtrarlas y reutilizarlas Aspifloc® TS Skimmer HP2*. Obtenido de <https://aspifloc.es/productos/sistema-de-captacion-y-de-reciclado-in-situ-de-las-aguas-de-desengrasado-para-filtrarlas-y-reutilizarlas/#1500445328620-f6817a91-1684c25c-8993>
- SafetyKleen. (2014). *Equipos de limpieza y desengrase* . Obtenido de https://www.safetykleen.eu/docs/default-source/sk-spain/es_equipos-de-limpieza-y-desengrase-2014.pdf?sfvrsn=4&sfvrsn=4
- Serna, E. A. (2012). Distribución en planta de RECO S.A. (Proyecto de grado). Medellín :Universidad de Medellín.
- Tobón, W. (2013). Análisis multicriterio. Recuperado de: <http://www.recibio.net/wp-content/uploads/2012/11/AnalisisMulticriterio-Wolke.pdf>
- Telukdarie, A. ;Buckley, C. & Koefoed,M. (2006).The importance of assessment tools in promoting cleaner production in the metal finishing industry.Journal of Cleaner Production, Volume (14),Pages 1612-1621
- Tello, I. (2015). Diagnóstico del desempeño ambiental de la empresa TAMETCO S.A.S., para la implementación de la NTC ISO 14001:2004. Tesis de grado. Santiago de cali: Universidad Autónoma de Occidente.
- Trujillo, J. & Iglesias, W. (2012). Determinantes del crecimiento de las micro, pequeñas y medianas empresas Colombianas: el caso del sector metalmecánico.Universidad de Medellín. Semestre económico, ISSN-e 0120-6346, Vol. 15, N° 32. págs. 41-76
- Torres, I. ,García, A. & Rodríguez, G. (2015). Análisis del Sector Metalmecánico. Universidad EAN. Recuperado de: https://www.academia.edu/24370438/Analisis_sector_metalmeccanico
- US EPA. (1992). Pollution Prevention Options In Metal Fabricated Products Industries: A Bibliographic Report. Washington, D.C.: US Environmental Protection Agency Office of Polluton Prevention and Toxics.
- UNEP.(2006). Acuerdos Ambientales y Producción más limpia. Recuperado de: <http://www.unep.fr/shared/publications/pdf/DTIx0898xPA-EnvAgreementsES.pdf>
- UPME. (2020.) Acerca de Nosotros. Recuperado de: <https://www1.upme.gov.co/Paginas/default.aspx>
- UNESCO. (2010). *Políticas para la creatividad. Guia para el desarrollo de las industrias culturales y creativas* . Obtenido de <https://books.google.com.co/books?id=eeVLEu2TF6QC&pg=PA47&lpg=PA47&dq=esta+tecnica+se+emplea+para+identificar+una+situaci%C3%B3n+negativa+o+problematica+la+cual+se+intenta+solucionar+analizando+relaciones+de+tipo+causa+efecto.+en+donde+se+formula+un+prob>

- Villanueva, M. & Tinjacá, C (2015). Formulación De La Agenda Ambiental Para La Vereda “La Fuente” Ubicada En El Municipio De Tocancipá. Tesis de grado. Bogotá: Universidad Piloto .
- Van Hoof, (2007). La evolución y el futuro de la producción más limpia en Colombia. Recuperado de: <http://www.scielo.org.co/pdf/ring/n26/n26a13.pdf>
- Vázquez, A. C. (2004). Capítulo 5. Proceso de secado. En El efecto de la temperatura de operación sobre el proceso de secado en un lecho fluidizado a vacío empleando vapor sobrecalentado para diferentes tipos de partículas. Recuperado de: http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lim/cabrera_v_a/capitulo_5.html
- Varela, R.(s.f). Definición de Producción más limpia. Revista: Tecnología en Marcha, Vol 2, 16 N° 2, Pag 3-12
- Velasco, (s.f). PROSARC S.A. ESP. Recuperado de: <http://www.redescar.org/sites/default/files/201911/4.%20Ficha%20proyecto%20PML%20Prosarc.pdf>

17. Anexos

Anexos 1. Formatos de Diagnóstico

INSTRUMENTO DE TRABAJO IT-02
CUESTIONARIO A LA EMPRESA OBJETO DEL DIAGNÓSTICO AMBIENTAL

Observación General: Es importante que se diligencie lo más completamente posible. Sin embargo, un número de aspectos pueden no ser relevantes o no estar disponibles todavía en la empresa. Por favor en estos casos, escriba:

X Irrelevante o no aplica:	IR/NA
X No disponible o no se conoce	ND

La información que por falta de espacio en este cuestionario no pueda responderse, por favor, hágala en hojas aparte y adjúntelas al cuestionario

I INFORMACIÓN GENERAL

- 1 Nombre de la empresa
 - 2 Tipo de actividad que desarrolla la empresa
 - 3 Fecha de fundación
 - 4 Dirección donde se ubica la empresa
 - 5 Otras direcciones
 - 6 Teléfono
 - 7 Fax
 - 8 E-mail
 - 9 Página Web
 - 10 Representante legal
 - 11 Gerente general
 - 12 Responsable de la gestión ambiental
 - 13 Representante de seguridad industrial y salud ocupacional
 - 14 Personas que va a atender al consultor
-
-

15 Activos totales

16 Número de empleados

17 Tiempo completo

18 Supernumerarios

19 Programa de operación

X Número de turnos

X Horas/día

X Días a la semana

X Semanas al año

20 Distribución y calificación de los empleados de la empresa

X Número de profesionales y tecnólogos

X Número de obreros calificados

X Número de obreros no calificados

X Número de profesionales y tecnólogos en cargos administrativos

X Número de profesionales y tecnólogos en planta

II Ubicación

1. Área del predio

2. Área de edificación dedicada a la actividad productiva

3. Indicar dentro de qué zona se ubica la empresa

<input type="checkbox"/>	Área urbana
<input type="checkbox"/>	Zona residencial
<input type="checkbox"/>	Zona industrial
<input type="checkbox"/>	Zona semi-industrial
<input type="checkbox"/>	Parque industrial
<input type="checkbox"/>	Áreas protegidas

<input type="checkbox"/>	Zona franca
<input type="checkbox"/>	Zona comercial
<input type="checkbox"/>	Zona suburbana
<input type="checkbox"/>	Área rural (agropecuario-agroindustrial)

4.Describir qué rodea a su empresa

	Casas residenciales
	Empresas de actividad industrial o de servicios
	Zonas agropecuarias
	Reservas naturales
	Monumentos históricos
	Vías de comunicación
	Ríos, lagunas, otros cuerpos de agua (cuencas, microcuencas)
	Otros, especifiqué:

III PRODUCCIÓN

1. Tipos de productos/servicios, especificaciones y participación en el mercado:

Tipo o nombre del producto	Unidad	Tipos de empaque	Producción anual	Participación de total producido

2. Equipos del proceso de producción

Nombre del equipo o maquinaria	Capacidad de producción anual	Cantidad	Año de fabricación

3. Tipos de equipos transportadores, número y capacidad

Tipo de equipos transportadores	Cantidad	Capacidad/camión

IV REQUISITOS LEGALES (CUMPLIMIENTO LEGAL)

- ¿Han realizado ustedes mediciones a las emisiones atmosféricas de su proceso de producción?
 Si No
- ¿Han caracterizado las aguas residuales de su proceso de producción?
 Si No
- ¿Conocen el tipo y la cantidad de residuos sólidos que generan en su proceso de producción?
 Si No
- ¿Han hecho mediciones del ruido generado en su proceso de producción?
 Si No
- ¿Conocen los peligros potenciales relacionados con su operación?
 Si No
- ¿Disponen de datos consumo de energía de la planta y demás edificaciones?
 Si No
- ¿Conocen el consumo de energía relacionado con sus procesos y líneas de producción?
 Si No
- ¿Tienen conocimiento de todos los requisitos legales que su organización debe cumplir?
 Si No
- ¿Tienen evidencia que sus proveedores cumplen los requisitos legales que a ellos les aplican?
 Si No
- ¿Sus productos o servicios cumplen con las regulaciones legales requeridas?
 Si No

V GESTIÓN AMBIENTAL (REVISIÓN GESTIÓN ADMINISTRATIVA)

1 ¿Su organización tiene un sistema de gestión ambiental?

VI ANEXOS SOLICITADOS

Anexar la siguiente documentación, si está disponible:

	Documento	Disponible		No aplica/Irrelevante
		Si	No	
1	Organigrama			
2	Plano de distribución en planta (si no se tiene, el consultor debe elaborarlo)			
3	Planos que muestren la ubicación de la empresa y la proximidad a zonas residenciales, ríos, etc.			
4	Copias de los permisos ambientales, de seguridad y salud ocupacional			
5	Licencia ambiental			
6	Permiso provisional de vertimientos			
7	Permiso definitivo de vertimientos			
8	Permiso para aprovechamiento de aguas subterráneas			
9	Permiso de emisión (parte aire). Permiso para la emisión de ruido. Permiso de aprovechamiento forestal, registros y salvoconductos			
10	Autorización sanitaria manejo de residuos sólidos especiales/peligrosos			
11	Concesión de aguas			
12	Concepto compatibilidad de uso del suelo			
13	Otros reglamentos y normas relacionadas con la empresa en materia de planes de emergencia contra incendios, manejo de gas de alta presión, etc.			
14	Flujograma del proceso de toda la planta (el consultor deberá levantarlo si no lo tiene la empresa)			
15	Balance patrimonial			
16	Resultados de ganancias y pérdidas			
17	Panorama de riesgos			

Anexo 3. Formatos de diagnóstico

INSTRUMENTO DE TRABAJO IT-10

LISTA DE CHEQUEO PARA EVALUAR EL MANEJO DE MATERIALES Y PRODUCTOS

Empresa:		Elaboró:			Fecha:		
Aspectos por evaluar		No	Mí.	Pa.	Su.	To.	Ob.
1	Revisión de materias primas e insumos provenientes de proveedores						
1.1	¿Se verifica que el empaque de las materias primas está en buen estado?						
1.2	¿Se aceptan sólo materiales de buena calidad?						
2	Condiciones de almacenamiento						
2.1	¿Se respetan las recomendaciones de los proveedores sobre almacenamiento y manejo de derrames o aquellas indicadas en los paquetes, especialmente para productos tóxicos?						
2.2	¿Las hojas de seguridad de los materiales y productos se mantienen cerca del lugar del almacenamiento y área de trabajo?						
2.3	¿Se almacenan los productos peligrosos en un área designada y segura para tal fin exclusivamente?						
2.4	¿Se tiene personal capacitado para evitar accidentes con productos peligrosos?						
2.5	¿Se almacenan las materias primas en grupos compatibles?						
2.6	¿Se mantienen distancias adecuadas entre los diferentes tipos de químicos para prevenir contaminación de unos con otros (contaminación cruzada)?						
2.7	¿Se conserva limpia el área de almacenamiento?						
2.8	¿Se inspecciona regularmente el área de almacenamiento para detectar derrames o contaminación?						
2.9	¿Se utilizan los dispositivos y equipos necesarios para evitar daños durante el almacenamiento?						
2.10	¿Se tiene una buena iluminación del área de almacenamiento?						
3	Gestión de materias primas						
3.1	¿Se verifican las fechas de expiración de las materias primas?						
3.2	¿Se aplica el principio "lo primero que entra al almacén es lo primero que sale de él"?						
3.3	¿Se mantienen las existencias de materias primas basados en las necesidades actuales de la empresa?						
3.4	¿Se evita el desperdicio de materiales cerrando bien los contenedores?						
3.5	¿Se reemplazan los productos peligrosos por otros menos tóxicos?						

CALIFICACIÓN: _____

No

Mí, mínimamente

Pa, parcialmente

Su, sustancialmente

To, totalmente
 Ob, observaciones

Anexo 4. Formato de diagnóstico

INSTRUMENTO DE TRABAJO IT-07
TABLA PARA EL REGISTRO DE MATERIAS PRIMAS Y MATERIALES AUXILIARES

Empresa:				Elaboró:			Fecha:	
No.	Material/pieza	Unidad	Cantidad por periodo de tiempo	Costo unitario (\$)	Costo total (\$)	Uso previsto / lugar de uso	% en el producto	Proveedor

Anexos 5. Fórmulas

FÓRMULAS PARA EL CALCULO DE LA VIABILIDAD DE LA MÁQUINA CNC

1. CONSUMO ENERGÍA

$$1 \text{ KWh} = \$494,62$$

$$\text{CONSUMO ENERGÍA MQ (dia)} = \frac{\$494,62 * 400\text{KWh}}{30} = \$6,595 * (3\text{horas} * 5\text{dias})$$

$$\text{CONSUMO ENERGÍA MQ (dia)} = \$98,925$$

2. MANO DE OBRA DIRECTA MOD

$$\text{SMLV} = \frac{\$877,803}{30} = \$29,260$$

$$\text{HORAS DE INTERVENCIÓN MQ} = 3$$

$$\text{COSTO MOD} = \$29,260 * 3 = \$9,753$$

3. CONSUMO MATERIA PRIMA POR USO MQ

$$\text{MPD} = \$700$$

$$\text{PIEZAS NO CONFORMES} = 72$$

$$\text{MPD} = \$700 * 72 = \$50,400$$

4. MANTENIMIENTO EN LA MÁQUINA

$$\begin{aligned}
 MTT_o \text{ AREA BANDAS} &= \$228,175 \\
 \text{MÁQUINAS EN EL ÁREA DE BANDAS} + \text{MQ NUEVA} &= 47 \\
 MTT_o \text{ MQ} &= \$228,175/47 = \$4,855
 \end{aligned}$$

5. COSTO TOTAL USO DE MÁQUINA

$$\begin{aligned}
 \text{COSTO TOTAL USO MQ} &= \text{CONSUMO ENERGIA} + \text{MOD} + \text{MPD} + \text{MTT}_o \\
 \text{COSTO TOTAL USO MQ} &= \$98,925 + \$9,753 + \$50,400 + \$4,855 \\
 \text{COSTO TOTAL USO MQ (dia)} &= \$163,932 \\
 \text{COSTO TOTAL USO MQ (año)} &= \$1,967,186
 \end{aligned}$$

EVALUACION DEL ESTADO ACTUAL Y ESTADO IDEAL DE LA PRODUCCIÓN DE BANDAS.

CASO REAL
COSTOS REPROCESO.

1. IMPACTO EN EL CONSUMO DE ENERGÍA

$$\begin{aligned}
 \text{CONSUMO DE ENERGÍA DEL REPROCESO} \\
 &= \text{CONSUMO DE ENERGIA} * \% \text{ DE PRODUCTOS NO CONFORMES} \\
 \text{CONSUMO DE ENERGÍA DEL REPROCESO} &= \$540,471 * 8\% = \$43,238
 \end{aligned}$$

2. IMPACTO EN EL CONSUMO DE AGUA Y TRATAMIENTO DE ESTA

$$\begin{aligned}
 \text{CONSUMO DE AGUA DEL REPROCESO} \\
 &= \text{CONSUMO DE AGUA} * \% \text{ DE PRODUCTOS NO CONFORMES} \\
 \text{CONSUMO DE AGUA DEL REPROCESO} &= \$209,300 * 8\% = \$16,744 \\
 \text{TRATAMIENTO DE AGUA DEL REPROCESO} \\
 &= \text{TRATAMIENTO DE AGUA} * \% \text{ DE PRODUCTOS NO CONFORMES} \\
 \text{TRATAMIENTO DE AGUA DEL REPROCESO} &= \$217,350 * 8\% = \$17,388
 \end{aligned}$$

3. IMPACTO EN EL CONSUMO DE MATERIA PRIMA

$$\begin{aligned}
 \text{IMPACTO EN EL CONSUMO DE MATERIA PRIMA} \\
 &= \text{CONSUMO DE MP} * \% \text{ DE PRODUCTOS NO CONFORMES} \\
 \text{CONSUMO DE MATERIA PRIMA DEL REPROCESO} &= \$3,132,335 * 8\% = \$250,587
 \end{aligned}$$

4. IMPACTO EN EL CONSUMO DE RESIDUOS GENERADOS

$$\begin{aligned}
 \text{IMPACTO EN EL CONSUMO DE RESIDUOS GENERADOS} \\
 &= \text{CONSUMO DE RESIDUOS GENERADOS} * \% \text{ DE PRODUCTOS NO CONFORMES} \\
 \text{IMPACTO EN EL CONSUMO DE RESIDUOS GENERADOS} &= \$1,471,469 * 8\% = \$117,718
 \end{aligned}$$

5. IMPACTO EN EL CONSUMO DE GAS

$$\begin{aligned}
 \text{CONSUMO DE GAS DEL REPROCESO} \\
 &= \text{CONSUMO DE GAS} * \% \text{ DE PRODUCTOS NO CONFORMES}
 \end{aligned}$$

$$\text{CONSUMO DE GAS DEL REPROCESO} = \$116,446 * 8\% = \$9,316$$

6. IMPACTO EN EL USO DE MANO DE OBRA DIRECTA

$$\begin{aligned} \text{MOD DEL REPROCESO} &= \text{CONSUMO DE MOD} * \% \text{ DE PRODUCTOS NO CONFORMES} \\ \text{MOD DEL REPROCESO} &= \$1,645,881 * 8\% = \$131,670.45 \end{aligned}$$

7. IMPACTO EN EL COSTO DE MANTENIMIENTO

$$\begin{aligned} \text{COSTO DE MTT}_o \text{ POR REPROCESO} &= \text{COSTO MTT}_o * \% \text{ DE PRODUCTOS NO CONFORMES} \\ \text{COSTO DE MTT}_o \text{ POR REPROCESO} &= \$228,175 * 8\% = \$18,253.97 \end{aligned}$$

COSTO TOTAL REPROCESO

COSTO TOTAL REPROCESO

$$= \$43,238 + \$16,744 + \$17,388 + \$250,587 + \$117,718 + \$9,316 + \$131,670.45 + \$18,253.97$$

$$\text{COSTO TOTAL REPROCESO} = \$604,914$$

COSTO TOTAL

COSTO TOTAL DEL PROCESO

$$\begin{aligned} &= \text{RESIDUOS GENERADOS} + \text{CONSUMO ENERGÍA} + \text{CONSUMO AGUA} \\ &+ \text{COSTO TRATAMIENTO AGUA} + \text{CONSUMO DE GAS} + \text{CONSUMO MPD} \\ &+ \text{CONSUMO DE MPI} + \text{MOD} + \text{MTT}_o \\ &+ \text{COSTO DEL REPROCESO PIEZAS NO CONFORMES} \end{aligned}$$

COSTO TOTAL DEL PROCESO

$$= \$1,471,469 + \$540,471 + \$209,300 + \$217,350 + \$116,446 + \$2,476,730 + \$655,605 + \$1,645,881 + \$228,175 + \$604,914$$

$$\text{COSTO TOTAL DEL PROCESO} = \$8,166,341$$

IMPACTO EN EL CONSUMO DE BANDAS

$$\% \text{ OPERACIÓN} = \frac{(\text{COSTO TOTAL} * \% \text{ NO CONFORMIDADES}) + \text{COSTO TOTAL}}{\text{COSTO TOTAL PROCESO}}$$

$$\begin{aligned} &\text{RESIDUOS GENERADOS} \\ \% \text{ OPERACIÓN} &= \frac{(\$1,589,187 * 8\%) + \$1,589,187}{\$8,166,341} = 21,0\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &\text{CONSUMO DE ENERGÍA} \\ \% \text{ OPERACIÓN} &= \frac{(\$583,709 * 8\%) + \$583,709}{\$8,166,341} = 7,7\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &\text{CONSUMO DE AGUA} \\ \% \text{ OPERACIÓN} &= \frac{(\$226,044 * 8\%) + \$226,044}{\$8,166,341} = 3,0\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &\text{COSTO DE TRATAMIENTO AGUA} \\ \% \text{ OPERACIÓN} &= \frac{(\$234,738 * 8\%) + \$234,738}{\$8,166,341} = 3,1\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &\text{COSTO CONSUMO DE GAS} \\ \% \text{ OPERACIÓN} &= \frac{(\$125,762 * 8\%) + \$125,762}{\$8,166,341} = 1,7\% \end{aligned}$$

CONSUMO MATERIA PRIMA DIRECTA

$$\% \text{ OPERACIÓN} = \frac{(\$2,674,868 * 8\%) + \$2,674,868}{\$8,166,341} = 35,4\%$$

CONSUMO DE MATERIA PRIMA INDIRECTA

$$\% \text{ OPERACIÓN} = \frac{(\$708,053 * 8\%) + \$708,053}{\$8,166,341} = 9,4\%$$

MANO DE OBRA DIRECTA

$$\% \text{ OPERACIÓN} = \frac{(\$1,777,551 * 8\%) + \$1,777,551}{\$8,166,341} = 23,5\%$$

MANTENIMIENTO MÁQUINA

$$\% \text{ OPERACIÓN} = \frac{(\$246,429 * 8\%) + \$246,429}{\$8,166,341} = 3,3\%$$

DATOS BASICOS DEL REGISTRO DE PRODUCCIÓN

$$\% \text{ PRODUCTOS NO CONFORMES} = (72 * 100\%) / 900 = 8\%$$

$$\# \text{ PIEZAS CONFORMES} = 900 - 72 = 828$$

CASO IDEAL.

1. COSTO TOTAL OPERACIÓN

COSTO TOTAL DEL PROCESO

$$= \text{RESIDUOS GENERADOS} + \text{CONSUMO ENERGÍA} + \text{CONSUMO AGUA} \\ + \text{COSTO TRATAMIENTO AGUA} + \text{CONSUMO DE GAS} + \text{CONSUMO MPD} \\ + \text{CONSUMO DE MPI} + \text{MOD} + \text{MTT}_o$$

COSTO TOTAL DEL PROCESO

$$= \$1,471,469 + \$540,471 + \$209,300 + \$217,350 + \$116,446 + \$2,476,730 \\ + \$655,605 + \$1,645,881 + \$228,175$$

$$\text{COSTO TOTAL DEL PROCESO} = \$7,561,427$$

IMPACTO EN EL CONSUMO DE BANDAS

$$\% \text{ OPERACIÓN} = \frac{(\text{COSTO TOTAL} * \% \text{ NO CONFORMIDADES}) + \text{COSTO TOTAL}}{\text{COSTO TOTAL PROCESO}}$$

$$\begin{array}{l} \text{RESIDUOS GENERADOS} \\ \% \text{ OPERACIÓN} = \frac{(\$1,471,469 * 8\%) + \$1,471,469}{\$7,561,427} = 19,5\% \end{array}$$

$$\begin{array}{l} \text{CONSUMO DE ENERGÍA} \\ \% \text{ OPERACIÓN} = \frac{(\$540,471 * 8\%) + \$540,471}{\$7,561,427} = 7,1\% \end{array}$$

$$\begin{array}{l} \text{CONSUMO DE AGUA} \\ \% \text{ OPERACIÓN} = \frac{(\$209,300 * 8\%) + \$209,300}{\$7,561,427} = 2,8\% \end{array}$$

COSTO DE TRATAMIENTO AGUA

$$\% \text{ OPERACIÓN} = \frac{(\$217,350 * 8\%) + \$217,350}{\$7,561,427} = 2,9\%$$

COSTO CONSUMO DE GAS

$$\% \text{ OPERACIÓN} = \frac{(\$116,446 * 8\%) + \$116,446}{\$7,561,427} = 1,5\%$$

CONSUMO MATERIA PRIMA DIRECTA

$$\% \text{ OPERACIÓN} = \frac{(\$2,476,730 * 8\%) + \$2,476,730}{\$7,561,427} = 32,8\%$$

CONSUMO DE MATERIA PRIMA INDIRECTA

$$\% \text{ OPERACIÓN} = \frac{(\$655,605 * 8\%) + \$655,605}{\$7,561,427} = 8,7\%$$

MANO DE OBRA DIRECTA

$$\% \text{ OPERACIÓN} = \frac{(\$1,645,881 * 8\%) + \$1,645,881}{\$7,561,427} = 21,8\%$$

MANTENIMIENTO MÁQUINA

$$\% \text{ OPERACIÓN} = \frac{(\$228,175 * 8\%) + \$228,175}{\$7,561,427} = 3,0\%$$

2. % PRODUCTOS NO CONFORMES Y CONFORMES.

$$\% \text{ PRODUCTOS NO CONFORMES} = (0 * 100\%) / 900 = 0\%$$

$$\% \text{ PRODUCTOS CONFORMES} = 900$$

DIFERENCIA DEL AHORRO CON LA MÁQUINA NUEVA.

1. AHORROS EVIDENTES EN EL MES

$$\begin{aligned} \text{AHORROS EVIDENTES EN EL MES} \\ &= \text{COSTO TOTAL DEL PROCESO (CASO REAL)} \\ &- \text{COSTO TOTAL DEL PROCESO (CASO IDEAL)} \end{aligned}$$

$$\text{AHORROS EVIDENTES EN EL MES} = \$8,166,341 - \$7,561,427$$

$$\text{AHORROS EVIDENTES EN EL MES} = \$604,914$$

2. AHORROS EVIDENTES EN EL AÑO

$$\begin{aligned} \text{AHORROS EVIDENTES EN EL MES} &= \$604,914 * (12 \text{ meses}) \\ \text{AHORROS EVIDENTES EN EL MES} &= \$7,258,970 \end{aligned}$$

COSTO DE OPORTUNIDAD

1. GANANCIAS POR VENTA PRODUCTO.

$$\text{GANANCIAS POR VENTA BANDAS} = \text{PRECIO VENTA} * \text{CANTIDAD PRODUCIDA}$$

$$\text{PRECIO VENTA}$$

$$\text{GANANCIAS POR VENTA BANDAS} = \$11,500 * 900$$

$$\text{GANANCIAS POR VENTA BANDAS} = \$10,350,000$$

RELACIÓN DE AHORROS Y GANANCIAS CASO REAL VS CASO IDEAL

2. CASO REAL GANANCIA NETA OPERACIONAL

$$\begin{aligned} \text{GANANCIAS NETA OPERACIONAL} &= \text{PRODUCTOS VENDIDOS} - \text{COSTOS DE PRODUCCIÓN} \\ \text{GANANCIAS NETA OPERACIONAL} &= \$10,350,000 - \$8,166,341 \\ \text{GANANCIAS NETA OPERACIONAL} &= \$2,183,659 \end{aligned}$$

3. CASO IDEAL GANANCIA NETA OPERACIONAL

$$\begin{aligned} \text{GANANCIAS NETA OPERACIONAL} &= \text{PRODUCTOS VENDIDOS} - \text{COSTOS DE PRODUCCIÓN} \\ \text{GANANCIAS NETA OPERACIONAL} &= \$10,350,000 - \$7,561,427 \\ \text{GANANCIAS NETA OPERACIONAL} &= \$2,788,573 \end{aligned}$$

VIABILIDAD DEL PROYECTO.

1. RETORNO DE LA INVERSIÓN

$$\begin{aligned} \text{GANANCIA NETA} &= \text{GANANCIAS (año)} - \text{COSTO DE FUNCIONAMIENTO (año)} \\ \text{GANANCIA NETA} &= \$7,258,970 - \$1,967,186 = \$5,291,784 \\ \text{RETORNO DE LA INVERSIÓN} &= \text{GANANCIAS NETA} / \text{INVERSIÓN} \\ \text{RETORNO DE LA INVERSIÓN (AÑO)} &= \$5,291,784 / \$19,292,932 \\ \text{RETORNO DE LA INVERSIÓN (AÑO)} &= 3,62 = 4 \text{ AÑOS} \\ \text{RETORNO DE LA INVERSIÓN (DIAS)} &= \left(3,62 \text{ AÑOS} * \frac{12 \text{ MESES}}{1 \text{ AÑO}} * \frac{30 \text{ DIAS}}{1 \text{ MESES}} \right) = 1,309 \text{ DIAS} \end{aligned}$$

2. VPN

$$\begin{aligned} \text{INTERES DEL MERCADO} &= 3,3\% \\ \text{TASA DE INFLACIÓN} &= 0,42\% \\ \text{TASA DE INTERES} &= \left(\left(\frac{1 + 3,3\%}{1 + 0,42\%} \right) - 1 \right) = 3\% \\ \text{INVERSIÓN INICIAL (AÑO)} &= \$19,129,000 \\ \text{GANANCIAS NETAS (AÑO)} &= \$6,399,733 \\ \text{VPN (AÑOS)} &= \left[\left((\$19,292,932) * ((3\% + 1)^{-1}) \right) \right. \\ &\quad - \left[(\$5,291,784 * ((3\% + 1)^{-1})) + (\$5,291,784 * ((3\% + 1)^{-2})) \right. \\ &\quad + (\$5,291,784 * ((3\% + 1)^{-3})) + (\$5,291,784 * ((3\% + 1)^{-4})) \\ &\quad \left. \left. + (\$5,291,784 * ((3\% + 1)^{-5})) + (\$5,291,784 * ((3\% + 1)^{-6})) \right] \right] \\ \text{VPN (AÑOS)} &= \$1,136,666 \end{aligned}$$

Anexo 6. Ubicación de la empresa

UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LA EMPRESA

Date: 13/01/2020



0 175 350 700 1.050 1.400
Meters

1 centimeter = 80 meters

LEYENDA



Empresa
Metalmecánica

Coordinate System: WGS 1984 Web Mercator Auxiliary Sphere
Projection: Mercator Auxiliary Sphere
Datum: WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 0,0000
Standard Parallel 1: 0,0000
Auxiliary Sphere Type: 0,0000
Units: Meter

Anexo 7. Fotografias





