

**UNIVERSIDAD DE SONORA**  
**DIVISIÓN DE INGENIERIA**  
**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA EN UNA EMPRESA  
RECONSTRUCTORA DE COMPRESORES  
EN HERMOSILLO, SONORA.**

**TRABAJO ESCRITO**

**TODO · LO · ILUMINAN**

**Que para obtener el GRADO de  
MAESTRÍA EN SUSTENTABILIDAD**

**Presenta:**

**José Ángel Arvayo Munguía**

**Director de Tesis:**

**Dr. Javier Esquer Peralta**

**HERMOSILLO, SONORA**

**FEBRERO DEL 2016**

# Universidad de Sonora

Repositorio Institucional UNISON



**"El saber de mis hijos  
hará mi grandeza"**



Excepto si se señala otra cosa, la licencia del ítem se describe como openAccess



# CARTA DE APROBACIÓN DE LOS MIEMBROS DEL JURADO



"El saber de mis hijos  
hará mi grandeza"

Universidad de Sonora  
División de Ingeniería  
Departamento de Ingeniería Industrial  
Posgrado en Sustentabilidad  
Maestría en Sustentabilidad  
Especialidad en Desarrollo Sustentable

Hermosillo, Sonora a 25 de Enero del 2016

**Dra. Nora Elba Munguía Vega**  
**Coordinadora de Programa**  
**Maestría en Sustentabilidad**  
**Presente.-**

Por este conducto, hago de su conocimiento que estoy de acuerdo que se realice el examen de posgrado del alumno (a) José Ángel Arvayo Munguía con Expediente 214190025, el cual será el día 02 de Febrero del 2016 en el aula 102, Edificio 5R a las 12:30 horas.

## Relación de Jurados:

	NOMBRE	FIRMA
PRESIDENTE:	Dr. Javier Esquer Peralta	
SECRETARIO:	Dra. Clara Rosalía Álvarez Chávez	
VOCAL:	Dra. Nora Elba Munguía Vega	
SUPLENTE:	M.I. Miguel Ángel López Arriquivez	

FIRMA

Handwritten signatures of the jury members: Javier Esquer Peralta, Clara Rosalía Álvarez Chávez, Nora Elba Munguía Vega, and Miguel Ángel López Arriquivez.

**ATENTAMENTE**

**MIEMBROS DEL JURADO**



## RESUMEN

El objetivo de esta tesis es mostrar resultados obtenidos en un programa de Producción más Limpia en una empresa de re-manufactura de compresores de aire en la ciudad de Hermosillo, Sonora, México. Se estudiaron diferentes riesgos ocupacionales y ambientales en tres diferentes aspectos: ergonómicos, físicos (ruido e iluminación), y químicos. El diseño general del estudio se basó en una integración de programas de Producción más Limpia y de Prevención de la Contaminación propuestos por el Centro de Promoción de Tecnologías Sostenibles, la US Environmental Protection Agency y por el Manual de Prevención de la Contaminación Industrial de Harry M. Freeman. De forma particular, los aspectos ergonómicos se basaron en la metodología MODAPTS, los aspectos físicos: el ruido, por la Norma Oficial Mexicana NOM-011-STPS-2001, la iluminación, por la Norma Oficial Mexicana NOM-025-STPS-2008 y los aspectos químicos consultando hojas de datos de seguridad y diferentes herramientas de búsqueda, por medio de un análisis de riesgo. El alcance incluye el proceso de re-manufactura de compresores de aire conformado por las siguientes ocho estaciones: diagnóstico y desarme, área de bobina, maquinado, área de ensamble, prueba de funcionamiento, prueba de fugas, pintura, y etiquetado y embalaje. Los resultados de los tres diferentes aspectos se detallan en cada estación de trabajo que se involucran en el proceso, dando la oportunidad de identificar las causas de cada riesgo, permitiendo proporcionar opciones de implementación para prevenir, eliminar y/o reducir cada uno de los riesgos.

Palabras Claves: Producción más Limpia; re-manufactura; MODAPTS; México; Compresores de aire.

## **ABSTRACT**

The objective of this thesis is to show results from a cleaner production program conducted into a company dedicated to re-manufacture air compressors in the city of Hermosillo, Sonora, Mexico. Occupational and environmental risks were studied in three different ways: ergonomic, physical (noise and lighting), and chemicals. The overall study design was based on an integration of Cleaner Production and Pollution Prevention programs proposed by the Centre for Promotion of Sustainable Technologies, the US Environmental Protection Agency (EPA), and the Industrial Pollution Prevention Handbook by Harry M. Freeman. In particular, the ergonomic aspects were evaluated through the MODAPTS method. The physical aspects were addressed as follows: for noise, the Mexican Official Standard NOM-011-STPS-2001, for lighting, the Mexican Official Standard NOM-025-STPS-2008. In addition, chemical aspects were analyzed by consultation of material safety data sheets and different search tools, through a risk analysis. The study scope includes the re-manufacturing process of air compressors conformed by the following eight phases: Diagnosis and Disassembly, Coil Area, Machining, Assembly Area, Performance Testing, Leak Testing, Painting, and Labeling and Packaging. The causes of each risk are identified, and options to prevent, eliminate and/or reduce each risk are provided.

Keywords: cleaner production; re-manufacturing; MODAPTS; Mexico; air compressors.

# ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. OBJETIVO GENERAL .....	2
III. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	2
IV. ANÁLISIS LITERARIO.....	3
4.1 Riesgos asociados a los procesos de manufactura.....	3
4.2 Prevención como respuesta a los riesgos en procesos de producción.....	6
4.3 Uso eficiente de energía eléctrica y agua.....	10
4.4 Función y tipos de compresores de aire.....	13
V. METODOLOGÍA.....	15
VI. RESULTADOS .....	18
Paso 1. Compromiso y colaboración de la Empresa .....	18
Paso 2. Organización del Comité de PML.....	19
Paso 3. Identificación de obstáculos al programa de PML y proponer soluciones.....	20
Paso 4. Recopilación de información sobre los procesos de producción .....	20
Paso 5. Identificación de las operaciones unitarias (OU) críticas. ....	21
Paso 6. Elaboración de balances de materia y energía para las OU críticas.....	24
6.1 Riesgos Ocupacionales.....	24
6.2 Riesgos Químicos .....	30
6.3 Riesgos Ambientales.....	35
Paso 7. Métodos de Control.....	36
7.1 Controles de Ingeniería .....	36
7.2 Controles Administrativos.....	36
7.3 Equipos de Protección Personal.....	36
Paso 8. Establecimiento de Objetivos y Metas.....	37
8.1 Objetivos Riesgos Ergonómicos.....	37

8.2 Objetivos Riesgos de Sonido. ....	37
8.3 Objetivos Riesgos de Iluminación.....	37
8.4 Objetivo Riesgos por Sustancias Químicas.....	38
Paso 9. Identificación de causas.....	38
9.1 Riesgos ergonómicos:.....	38
9.2 Ruido:.....	39
9.3 Riesgos Químicos: .....	41
Paso 10. Planteamiento de opciones de producción más limpia (PML). ....	42
10.1 Opciones Ergonómicas: .....	42
10.2 Opciones para el Ruido:.....	42
10.3 Opciones Iluminación: .....	43
10.4 Opciones para Químicos:.....	43
Paso 11. Evaluación de las opciones.....	43
Paso 12. Evaluaciones técnicas, medio ambientales y económicas.....	44
12.1 Evaluación Técnica: .....	44
12.2 Evaluación Ambiental:.....	45
12.3 Evaluación Económica: .....	47
12.4 Evaluación General: .....	48
Paso 13. Implementar las opciones factibles recomendadas .....	48
13.1 Aspectos ergonómicos .....	48
13.2 Aspectos para Sustancias Químicas .....	55
Paso 14. Evaluación de las implementaciones .....	58
Paso 15. Asegurar la continuidad del programa.....	60
VII. DISCUSIÓN .....	61
VIII. CONCLUSIONES.....	63
IX. RECOMENDACIONES.....	64
X. REFERENCIAS.....	65

ANEXO 01 .....	70
ANEXO 02 .....	71

### Índice de Figuras

Figura 1. Programa de Producción más Limpia .....	16
Figura 2. Diagrama de flujo del proceso productivo .....	20
Figura 3. Relación entrada/salida en diagnóstico y desarme .....	21
Figura 4. Relación entrada/salida en embobinado .....	22
Figura 5. Relación entrada/salida en maquinado .....	22
Figura 6. Relación entrada/salida en área de ensamble .....	22
Figura 7. Relación entrada/salida en prueba de funcionamiento .....	23
Figura 8. Relación entrada/salida en prueba de fuga .....	23
Figura 9. Relación entrada/salida en pintura .....	23
Figura 10. Relación entrada/salida en etiquetado y embalaje .....	24
Figura 11. Distribución de la planta.....	27
Figura 12. Diagrama Ishikawa de riesgos ergonómicos .....	38
Figura 13. Diagrama Ishikawa de ruido.....	40
Figura 14. Diagrama Ishikawa de riesgos económicos .....	41
Figura 15. Una grúa al principio del Programa de P+L.....	49
Figura 16. Dos grúas recomendadas en el Programa de P+L.....	49
Figura 17. Factura de compra e instalación de grúa. ....	50
Figura 18. Control de grúa posición incorrecta.....	51
Figura 19. Control de grúa posición correcta .....	51
Figura 20. Condición anterior en agarres de tina .....	53
Figura 21. Condición actual en agarres de tina.....	53
Figura 22. Condición anterior en el área de pintura .....	54
Figura 23. Condición actual en el área de pintura.....	54
Figura 24. Contrato formal con la empresa recolectora de residuos peligrosos .....	56
Figura 25. Manifiesto de entrega, transporte y recepción de residuos peligroso de la SEMARNAT.....	57
Figura 26. Área de limpieza de recipientes de tóxicos líquidos. ....	58

## Índice de Tablas

Tabla 1. Obstáculos que impiden el éxito del programa en la empresa .....	20
Tabla 2. Tipos de materiales utilizados en el proceso .....	21
Tabla 3. Resultados ergonómicos del proceso productivo .....	25
Tabla 4. Límites permisibles de exposición de los trabajadores a ruido estable según Norma Oficial Mexicana NOM-011-STPS-2001 .....	26
Tabla 5. Estaciones del proceso productivo .....	27
Tabla 6. Resultados de generación de ruido en temporada baja .....	28
Tabla 7. Condiciones de iluminación en los centros de trabajo según Norma Oficial Mexicana NOM-025-STPS-2008 .....	29
Tabla 8. Mediciones de iluminación .....	30
Tabla 9. Rombo de seguridad de sustancias químicas del proceso productivo .....	30
Tabla 10. Valores límites de exposición .....	31
Tabla 11. Riesgos Ambientales .....	35
Tabla 12. Opciones Ergonómicas .....	42
Tabla 13. Opciones para Ruido .....	42
Tabla 14. Opciones para iluminación .....	43
Tabla 15. Opciones para Químicos .....	43
Tabla 16. Opciones preliminares de evaluación .....	44
Tabla 17. Evaluación Técnica .....	45
Tabla 18. Evaluación Ambiental .....	47
Tabla 19. Evaluación Económica .....	47
Tabla 20. Evaluación General .....	48
Tabla 21. Resultados después de implementación: adquisición de grúa y modificación en la posición de altura del control de la grúa. ....	52
Tabla 22. Evaluación de los objetivos y metas .....	59

## Índice de Anexos

ANEXO 1. Carta Compromiso entra la Universidad de Sonora y CPR Compresores S.A de C.V. ....	70
ANEXO 2. Los movimientos del cuerpo con sus respectivos códigos en la metodología MODAPTS .....	71

## I. INTRODUCCIÓN

Todas las empresas u organizaciones enfrentan un cierto nivel de riesgo cada día (Loghry & Veach 2009), especialmente en los procesos de manufactura ya que con frecuencia es donde se producen accidentes y enfermedades durante el trabajo (Gómez 2007; Silvestri, De Felice & Petrillo 2012), encontrándose riesgos ocupacionales y ambientales, que tienen como principal conexión que la fuente de peligro suele ser la misma para ambos en muchos casos (Nuria et al. 2008), entre otras cosas, por la exposición a agentes químicos, físicos, biológicos y polvos (Belkyss, Antonio & Alexis 2013).

Como forma de prevenir tales riesgos surge el enfoque de Producción más Limpia, que es una estrategia preventiva en aumentar la eficiencia y reducir los efectos adversos para los humanos y el medio ambiente (Narváez Benjumea & Echeverri Urquijo 2009), minimiza o elimina los residuos de la fuente, y/o utiliza como materia prima en otros procesos (Cheremisinoff 2006) (Clayton, Muirhead & Reichgelt 2002). El alcance de la tesis incluye el proceso de re-manufactura de compresores de aire conformado por las siguientes ocho estaciones: diagnóstico y desarme, área de bobina, maquinado, área de ensamble, prueba de funcionamiento, prueba de fugas, pintura, y etiquetado y embalaje.

El diseño general del estudio se basó en una integración de programas de Producción más Limpia y de Prevención de la Contaminación propuestos por el Centro de Promoción de Tecnologías Sostenibles, la US Environmental Protection Agency y por el Manual de Prevención de la Contaminación Industrial de Harry M. Freeman. Para evaluar los aspectos ergonómicos se utilizó el método llamado MODAPTS, en los aspectos físicos: en el ruido, se consideró la Norma Oficial Mexicana NOM-011-STPS-2001, la iluminación, con base en la Norma Oficial Mexicana NOM-025-STPS-2008 y los aspectos químicos, consultando hojas de datos de seguridad y las diferentes herramientas de búsqueda especializadas.

Se realizó un diagnóstico general de la empresa en el cual se incluye la elaboración de los balances, los tipos diferentes tipos de riesgos para los trabajadores, posteriormente, se obtienen los resultados de cada área, otorgando la oportunidad de identificar las causas para el planteamiento de las opciones de mejora.

Teniendo las opciones de mejora, se evalúan en términos de impactos técnicos, medio ambientales y económicos, para posteriormente, realizar implementaciones, dar seguimiento a las mismas y realizar una evaluación final.

## **II. OBJETIVO GENERAL**

Prevenir, eliminar y/o reducir los riesgos ambientales y ocupacionales generados en una empresa de re-manufactura de compresores en la ciudad de Hermosillo, Sonora, México

## **III. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Llevar a cabo una revisión de la literatura del estado del arte de aspectos que incluyan la sustentabilidad en empresas de manufactura, especialmente de compresores, así como otros temas relacionados.
- Obtener el compromiso de la alta administración para permitir el soporte adecuado de un Programa de Sustentabilidad dentro de una empresa de re-manufactura de compresores.
- Diagnosticar los riesgos ambientales y ocupacionales a lo largo del proceso de producción para definir oportunidades para la prevención.
- Diseñar un Plan de Sustentabilidad que sirva como una herramienta para el proceso de toma de decisiones.
- Implementar el Programa de Sustentabilidad.
- Validar el Programa de Sustentabilidad.

## IV. ANÁLISIS LITERARIO

### 4.1 Riesgos asociados a los procesos de manufactura

La re-manufactura es un proceso que lleva un producto usado a tener condiciones como si fuera nuevo, a través de la sustitución y reconstrucción de algunas de sus partes y/o componentes, reutilizando algunas piezas del producto original reduciendo de este modo el precio del producto resultante (Ijomah, Childe & McMahon 2004). Normalmente se aplica a productos manufacturados complejos cuya mayor parte de su valor puede ser recuperado mediante técnicas de remediación adecuadas, desde la perspectiva del comprador o usuario, el producto se comporta como nuevo y está respaldado por una garantía adecuada por parte del vendedor o reconstructor (Parker & Butler 2007).

Por lo que la manufactura sustentable surge como una forma de ayudar a la organización a mejorar el desempeño operacional y ambiental apoyando los esfuerzos de sustentabilidad impactando directa y positivamente en los resultados financieros, impacto en la huella de carbono, cultura de sustentabilidad en la organización y satisfacción de los empleados (Monge, Cruz & López 2013). Sin embargo, la industria manufacturera es una de las ramas más peligrosas donde ocurren con frecuencia los accidentes de trabajo (Silvestri, De Felice & Petrillo 2012). Todas las empresas u organizaciones enfrentan un cierto nivel de riesgo cada día, como es el resultado de eventos naturales, accidentes, actos intencionales o decisiones empresariales, estos riesgos pueden someter a la entidad a pérdidas o ganancias (Loghry & Veach 2009).

Algunos riesgos a la salud ocupacional relacionados con la inhalación de sustancias químicas, especialmente con exposición a pintura y solventes, pueden causar vértigo, dolor de cabeza, mareos, vómitos, irritación del sistema respiratorio, enfermedades cardiovasculares, disminución en la producción de células rojas, células blancas, plaquetas de la sangre y ocasionar también un mayor riesgo de adquirir cáncer de pulmón, vejiga, páncreas, sistema linfático y tumores hematopoyéticos (de Oliveira et al. 2011; Narváez Benjumea & Echeverri Urquijo 2009). Entre los riesgos más frecuentes relacionados con el uso de químicos son las reacciones cutáneas, que implican una reacción biológica compleja dependiendo de la dosis por unidad de área de la piel, la capacidad de la sustancia química para penetrar la piel y la reactividad de la sustancia química con las moléculas biológicas (Gould & Taylor 2011).

Referente a los problemas ergonómicos, la Asociación Internacional de Ergonomía (AIE) define la misma, como “la disciplina científica que se trata de la comprensión en las interacciones entre seres humanos y otros elementos de un sistema, [... además es] la profesión que aplica teoría, principios, datos y métodos para diseñar a fin de optimizar el bienestar humano y el rendimiento global del sistema” (Theberge & Neumann 2013). Cuyo objetivo es optimizar la labor del sistema humano, con el fin de alcanzar herramientas, modos y un medio ambiente sano de trabajo, seguro, cómodo y eficiente (Rio & Sorooshian 2013).

De forma particular, un padecimiento común relacionado a aspectos ergonómicos es el Trastorno Músculo-Esquelético (TME) definido por el Ministerio Estadounidense del Trabajo como “lesiones o afecciones de los músculos, nervios, tendones, articulaciones y cartílagos que están relacionados con la exposición al trabajo”, las cuales se ocasionan por movimientos repetitivos de tensión, síndrome de uso excesivo, esguinces, entre otros; el riesgo de lesión está relacionada con la duración de la actividad, la frecuencia y la intensidad de la actividad que pueden dar lugar a malestar, dolor, trastornos traumáticos agudos y trastornos traumáticos acumulativos (Buhaug, Moen & Irgens 2014; Eyal, Ribak & Badihi 2012; Harih 2014; Inyang et al. 2012). En su evolución el TME considera tres etapas progresivas: una primera etapa, aparece dolor y cansancio durante las horas de trabajo, desapareciendo fuera del mismo; en la segunda etapa, los síntomas no desaparecen; en la tercera etapa, hace difícil realizar cualquier tarea, incluso las más triviales (Díaz Gutiérrez et al. 2013).

Otros problemas ergonómicos pueden ser los relacionados con la actividad visual, como la iluminación eficiente, el deslumbramiento, el contraste, la visión, los ángulos visuales y la postura del trabajador; los síntomas relacionados con la visión ocurren cuando las exigencias visuales de la tarea exceden la capacidad visual del individuo, los más frecuentes son: cansancio de vista, visión borrosa, dolor de cabeza, ojos secos o irritados, visión doble, entre otros (Anshel 2006; Jonsson 2012). Por otro lado, también existe el ruido ambiental por encima de los 55 dB, el cual es uno de los riesgos de salud más comunes; durante un tiempo prologando se vincula con efectos sobre la salud física y daños psicológicos adversos, como lo son las enfermedades cardiovasculares, en casos extremos, la exposición ocasiona hipertensión arterial que puede producir pérdida de la

audición progresiva e irreversible, el cual es un cambio permanente en el umbral de audición causada por trauma acústico (Harding et al. 2013; Meneses-Barriviera, Melo & de Moraes Marchiori 2013).

La implementación de un sistema ergonómico ayuda en la reducción de las enfermedades profesionales y lesiones por movimientos repetitivos o los TME relacionados, así como en mejora de las condiciones generales de trabajo (Moraes & Andrade 2012). Por ejemplo, el análisis ergonómico de trabajo que es un instrumento relevante para identificar los riesgos en los entornos laborales a través de la investigación de los factores que influyen en la relación entre el trabajador y el proceso productivo (de Miranda Prottes, Oliveira & de Oliveira Andrade 2012; Ouellet 2012). Otra estrategia es la rotación de trabajo, que ayuda a prevenir los TME mediante la reducción de la amplitud del riesgo y la duración de la exposición de los trabajadores (Asensio-Cuesta et al. 2012).

El uso de los Equipos de Protección Personal (EPP), aunque es la última solución preferible, debe ser considerada dentro de una visión integral y sistemática de los problemas laborales (de Almeida et al. 2012). Entre sus ventajas están: costo bajo comparado con otros sistemas de control, gran disponibilidad de modelos para diferentes usos, rapidez en su implementación y fácil uso; y entre sus desventajas se encuentran: crean una falsa sensación de seguridad, falta de conocimiento técnico y requieren de supervisión adicional (Abrego et al. 2000). El uso de EPP incluye protección para diferentes contaminantes, incluyendo agentes infecciosos, que se introducen al cuerpo por vías respiratorias, la piel y la ropa, enfocándose principalmente en el uso de batas, guantes, protección de ojos, mascarillas, respiradores, entre otros (Casanova et al. 2008).

Como responsables de la seguridad, los higienistas ocupacionales tienen como objetivo evaluar y controlar los riesgos derivados de la exposición a sustancias o condiciones peligrosas en el trabajo, síntomas y/o enfermedades, una parte clave de la higiene en el trabajo es la medición, dichas mediciones son: sustancias como los agentes químicos y los agentes físicos (Cook 2013; Laamanen et al. 2008). Los cuales se incluyen dentro de la salud ocupacional que es la ciencia que busca proteger y mejorar la salud física, mental, social y espiritual de los trabajadores en sus puestos de trabajo, es una actividad multidisciplinaria donde intervienen profesionales en medicina ocupacional, higiene

industrial, seguridad, ergonomía, toxicología, psicología organizacional, entre otros (Gomero Cuadra, Zevallos Enriquez & Llap Yesan 2006; Guillén Fonseca 2006).

#### **4.2 Prevención como respuesta a los riesgos en procesos de producción**

La influencia del desempeño ambiental en la re-manufactura, en este caso, en compresores de aire, genera residuos durante el proceso, como por ejemplo, los componentes no reutilizables de los compresores, los desechos de metal, entre otros (Zanghelini et al. 2014). Lo que afecta a los recursos aire, agua y suelo que se han ido contaminando con desechos y elementos tóxicos, que pueden causar riesgos a la salud humana y a los seres vivos que interactúan con dichos recursos (Deveci & Ekmekyapar 2008).

Por ejemplo, la contaminación del aire tiene efectos tanto físicos como psicológicos, algunos de estos riesgos se presentan como enfermedades respiratorias, cardiovasculares o cáncer, por lo que sigue siendo un importante problema de salud pública y ambiental (Deguen et al. 2012). En relación al agua, se ha disminuido la eficiencia en las fuentes y reducido la cantidad de este vital líquido capaz de ser utilizada para ciertos propósitos teniendo como resultado un deterioro de la misma (Wei et al. 2014). Con respecto a impactos del suelo, ha surgido un aumento en la degradación acelerada del mismo, con efectos negativos sobre la salud humana, los ecosistemas y el cambio climático (Ciobanu 2013).

Como respuesta, ha surgido una comprensión global donde se acepta que el cambio climático es consecuencia del alto consumo y de los procesos de producción no sustentables, es por ello que se discute la eficiencia y recuperación de los recursos como una solución, incluyendo estrategias de minimización de los residuos (Lehmann 2010). Como es el caso del consumo sustentable que conlleva a una mejor calidad de vida, mientras se minimiza el uso de recursos naturales, materiales tóxicos, la generación de residuos y contaminantes, sin comprometer las necesidades de las generaciones futuras (Berro 2006). La idea principal de la integración de la producción y el consumo sustentable es que las industrias desempeñan el papel de controlar los suministros para

evitar consumos insustentables, mientras da la oportunidad a las industrias para mantener sus ganancias (Surjono & Adrianto 2011).

En consecuencia, el entorno natural debe ser un factor necesario para tener en cuenta en los procesos de planificación estratégica de la empresa, por lo que existe una tendencia por la gestión a mejorar el comportamiento ambiental o establecer sistemas para dicha mejora (Gonzalez-Benito 2008). Para ello es importante considerar que el proceso de gestión de los residuos es mucho más que la recolección de los mismos, se trata del acopio, transporte, tratamiento, reciclaje, disposición y control, considerando aspectos ambientales, económicos, técnicos, de legislación y cuestiones institucionales (Vasiljevic-Shikaleska 2014).

Como ejemplo, algunas de las estrategias de prevención son las siguientes: Inventario Cero, cuyo principio básico es que el inventario refleja residuos y por lo tanto debe ser eliminado (Obermaier & Donhauser 2012); Cero Desperdicio, como “el diseño y la gestión de productos y procesos para evitar y eliminar el desperdicio de materiales, conservar y recuperar todos los recursos de forma sistemática” (Zaman & Lehmann 2011); y eco-eficiencia, es el uso más eficiente de los recursos y las emisiones menos nocivas para el medio ambiente, en otras palabras, las empresas producen un volumen igual con menos insumos, menos residuos y los modelos de consumo son más sustentables (Levidow et al. 2014; Munck, Cella-de-Oliveira & Bansi 2013).

Un enfoque derivado a los anteriores es el concepto de Producción más Limpia (P+L), que según la definición del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente es “la aplicación continua de una estrategia ambiental preventiva e integrada en los procesos productivos, los productos y los servicios, con el fin de incrementar la eficiencia y reducir los riesgos relevantes a los seres humanos y el medio ambiente” (Narváez Benjumea & Echeverri Urquijo 2009). En otras palabras, la P+L trata de reducir el impacto ambiental y el riesgo a la salud pública al minimizar o eliminar los residuos de la fuente o mediante el uso de residuos como materia prima en otros procesos (Cheremisinoff 2006; Clayton, Muirhead & Reichgelt 2002).

Los principios básicos de la P+L son: contar con buen servicio de limpieza, cambio en material de entrada, mejor control de proceso, modificación de los equipos, cambio de tecnología, reutilización de materiales de desecho y/o reciclaje, la producción de

subproductos útiles, buena práctica de operación, la modificación del producto y/o rediseño del mismo, sistemas de gestión internos, entre otros (He Oliver & Ortolano 2006; Manzan & Ikuo Miyake 2013; Radonjič & Tominc 2007). Por lo que existen diferentes tipos de enfoque en la P+L de acuerdo a los conjuntos de práctica preventivas aplicadas en las diferentes etapas del proceso: en los servicios, en la cadena de valor, en el producto, en las materias primas, la tecnológica, la operacional y de recuperación (Oestreich, Dos Santos & Rocco 2006).

Específicamente, en relación a la tecnología, surge lo que se conoce como tecnología ambiental, entendida como la aplicación de la ciencia en el medio ambiente para conservar los recursos naturales y frenar los efectos negativos de la intervención humana, teniendo como núcleo el desarrollo sustentable (Srebrenkoska et al. 2012). La implementación de tecnología basada en P+L está dividida en cinco factores: motivaciones, instrumentos de la política ambiental, herramientas de gestión, grupos de interés y características de las instalaciones (Frondele, Horbach & Rennings 2007). Lo que ayuda a impulsar convenios que ofrecen grandes alternativas para el acercamiento entre las autoridades ambientales y el sector empresarial, la cual se sustenta en cuatro elementos esenciales: contribución a la competitividad, impulso de la generación de empleo, mejoramiento de la calidad ambiental, fortalecimiento de las capacidades y la generación de conocimiento a todo nivel (Vásquez Bernal 2009). Las dificultades inherentes asociadas con el desarrollo de tecnologías ambientales requieren una cantidad considerable de tiempo para desarrollarse, altos riesgos, un alto nivel de incertidumbre, una dependencia política y un alto costo económico en la construcción, mantenimiento y operación del sistema (Keeyoon 2010; Richter 2011).

Por otra parte, aunque la P+L podría entenderse como aquella que no genera residuos ni emisiones, en la realidad esto no es así, primero, son escasas las tecnologías económicamente viables que logren cero emisión; segundo, porque si bien toda emisión puede generar una externalidad negativa, el nivel óptimo de contaminación no es igual a cero (Rojas & Giraldo 2006). Por lo que realizar una verificación ayuda a la empresa a establecer un plan de mejora, por ejemplo enfocándose en los siguientes criterios: análisis tecnológico, ahorro y uso eficiente de agua, de energía, optimización de insumos y materia prima, previsión y control de emisiones atmosféricas, formación y entrenamiento del personal, y gestión integral de residuos (Pareja et al. 2010).

Varios autores mencionan incluso que P+L puede complementar a los Sistemas de Gestión Ambientales (SGA) para mejorar el desempeño ambiental de las empresas (Cervellini & Souza 2009) ya que el objetivo de los SGA es desarrollar, implementar, administrar, coordinar y supervisar las actividades corporativas ambientales para lograr el cumplimiento y la reducción de residuos (Evangelia 2014).

Los beneficios otorgados por SGA a una empresa son: la reducción de los costos, la mejora de la imagen pública y social de la organización, la conservación de los recursos naturales no renovables, la atracción de nuevos clientes, la fácil penetración en algunos mercados, entre otros (Dragoş 2013). Lo que se busca es reducir la producción de residuos en lugar de simplemente tratarlos después de que se generan, que es un determinante crítico en los costos del tratamiento al medio ambiente y niveles de contaminación (Berchicci, Dowell & King 2012).

Enfocándose en los residuos, principalmente en los sólidos, los cuales se dividen en tres grupos de acuerdo a las características del manejo que se les debe practicar, en este sentido encontramos: residuo inerte, no producirá efectos ambientales; residuos peligrosos, presentan un riesgo para el medio ambiente y la salud humana y residuos no peligrosos (Moreda et al. 2008). En particular, un buen manejo de residuos sólidos está relacionado con buenas prácticas de salud pública, ingeniería, considerando aspectos económicos, financieros, administrativos, jurídicos y ambientales (Mei 2011).

De acuerdo con esto, se realiza una mejora en el proceso con la capacitación a todo el personal para el manejo de residuos, cumpliendo con la aplicación de los siguientes pasos: separación de la fuente, recolección, almacenamiento, tratamiento y disposición final (Giraldo & Giraldo 2008). Ante la falta de capacidad técnica o de presupuesto, se ha recurrido a una salida fácil para la gestión de residuos sólidos, como la concesión a particulares o empresas privadas, los cuales han mostrado resultados muy diversos (Mauricio & Himilce 2012).

Las razones para una gestión ineficiente son: ausencia de segregación de residuos en el origen, la falta de conocimientos técnicos, de voluntad en introducir la gestión, de participación del personal, la actitud de indiferencia y la falta de recursos económicos

(Gakhar 2013). Por otra parte, la gestión de residuos con éxito depende de la información fiable sobre cantidades, tipos y la calidad del material que pueda ser capturado y realizar un buen mecanismo de prevención (Badgie et al. 2012).

Existe un reconocimiento creciente de los riesgos que se generan por la modernización, incluidos los riesgos ambientales que están estrechamente relacionados con los riesgos para la salud humana, las cuestiones de seguridad en el trabajo y el malestar social (Zhang & Zhong 2010). Aunado a esto, la gestión del riesgo dinamiza la red de procesos, garantizando la calidad de los productos, la prevención de la contaminación y la salud de los colaboradores, desarrollándose un esquema de trabajo con siete pasos establecidos: comunicar, establecer el contexto, identificar, analizar, monitorear y revisar los riesgos (Elejalde Alvarez 2009). La gestión de riesgo se contempla dentro del SGA ya que coinciden en la minimización de residuos, emisiones y vertidos, la adopción de medidas organizativas y operativas que permitan disminuir niveles económica y técnicamente factible de los contaminantes generados que precisan de un tratamiento o disposición final (Gallo 2006).

El SGA necesita repensar los efectos de riesgo bajo tres situaciones: un nuevo horizonte que tome en cuenta las consecuencias a mediano y largo plazo con investigación, evaluación, diseño y gestión; los efectos colaterales no intencionales; y la irreversibilidad de los efectos, intencionales o no (Cohen 2007). Algunos retos para su implementación son: el financiamiento, la participación, el mejoramiento y consolidación en la coordinación y cooperación de los diferentes sectores interesados (Valencia et al. 2009).

### **4.3 Uso eficiente de energía eléctrica y agua**

La energía es una preocupación creciente para las industrias y la sociedad entera, la escasez de combustibles y la contaminación debido a la transformación de estos combustibles en energía son los temas principales, para lograr la eficiencia energética, el esfuerzo debe ser apoyado por cada sector: industrial, de transporte, terciario y residencial (Ingeneer, Mathieux & Brissaud 2012). La tecnología eficiente de la energía y los recursos ofrece una reducción de los costos operativos mediante la mejora de la

eficiencia con que se utilizan los materiales, la energía, el agua, y mediante la minimización de los residuos (Daniel R. Schneider, Zvonimir Guzovic & Duic 2012).

Por un lado, la administración energética empresarial es el uso racional de la energía, se plantea en un desarrollo de tres etapas: Reducción de pérdidas técnicas, optimización del proceso y mantenimiento basado en condición (Machado 2010). Los objetivos de las normas de gestión de la energía pueden proporcionar a las empresas una plataforma organizada para el funcionamiento integrado de gestión de la energía, estos objetivos incluyen el ajuste de los procesos de producción y el aumento de la eficiencia energética del sistema (Tsung-Yung, Shang-Lien & Yung-Yin 2012).

El mayor potencial de reducción de emisiones hasta el año 2020 reside en la conservación de energía y la eficiencia energética, con frecuencia se afirma que existe una brecha de eficiencia de energía entre el uso real y el óptimo de la misma, tomando en cuenta que muchas tecnologías de eficiencia energética no están haciendo aprovechadas por su costo-beneficio (Kallbekken, Sælen & Hermansen 2013). Existe evidencia de que el nivel actual de consumo mundial de energía, incluida la electricidad, está en un nivel que puede no ser capaz de mantener la integridad de la biosfera, especialmente por la creciente importancia de la electricidad durante el siglo XX (Durbach & Davisy 2012).

La eficiencia energética se define como la relación de la producción de bienes y servicios a la entrada de la energía, su desarrollo tiene un impacto directo sobre la correlación entre el crecimiento económico y el consumo energético, sus indicadores aumentan con la productividad de la energía y pueden referirse a la energía primaria y final (Blazejczak, Edler & Schill 2014). La inversión en eficiencia energética ayuda a lograr 3 objetivos: el crecimiento económico sustentable, garantiza la seguridad energética y reduce las emisiones de gases de efecto invernadero (Lungu, Bara & Popeanga 2014).

La gestión de la demanda eléctrica se refiere a las acciones que tienen como objetivo alterar los hábitos de consumo de los usuarios finales, ya sea a través de una reducción o un cambio en los patrones de uso de la electricidad, incluye tres componentes diferentes: eficiencia energética, conservación y gestión de la carga (Carley 2012). Sin embargo, permanece una controversia sobre la efectividad de los programas de reducción de

consumo de electricidad y cuál ha sido el costo para obtener esas reducciones de consumo (Arimura et al. 2012).

La auditoría energética es un estudio de una planta o instalación para determinar cómo y dónde se utiliza la energía y la identificación de métodos para el ahorro de energía, el alcance, la complejidad y el nivel de evaluación económica debe ser definido antes del comienzo de la actividad de auditoría (Aggarwal & Oberoi 2011). La preocupación más importante está relacionada con los efectos ambientales adversos de los medios convencionales de producción de energía como combustibles fósiles, carbón y gas natural que proporciona una variedad de las emisiones de gases nocivos (Yumurtaci 2013).

Por otro lado, el agua es un recurso natural renovable, escaso, la demanda muestra la relación entre el consumo de agua y el agotamiento de la misma, que puede proporcionar argumentos para el cambio y crear una base para la formulación de nuevas estrategias de gestión de los recursos hídricos (Barišić, Toth & Đurić 2011). Con el transcurso del tiempo aumenta la conciencia de que el agua, como bien escaso, tiene valor económico, de manera que la gestión, en su condición de bien económico, es un medio importante para conseguir un aprovechamiento eficaz y equitativo, favoreciendo la conservación y protección de los recursos hídricos (Sanchez, Carra & Perez 2013).

Ante la evaporación de los suministros de agua, la baja calidad y el aumento de las regulaciones, la industria está recurriendo a la tecnología del tratamiento de agua para ayudar a reducir el consumo por medio del programa de ahorro y uso eficiente del agua, con las siguientes actividades: cambios tecnológicos en los equipos, buenas prácticas ambientales operativas, control de fugas y pérdidas, revisión, optimización y la sensibilización de los trabajadores (Challener 2011; Fandiño 2009).

La tecnología eficiencia el uso del agua, que ayuda a ser más sustentable el ahorro de la misma, en consecuencia, las tecnologías de ahorro de agua pueden reducir los problemas de la degradación ambiental, debido a este hecho, los responsables políticos tienen un incentivo obvio para aumentar la adopción de estas tecnologías (Finger & Lehmann 2012). Una estrategia conocida es el análisis de ciclo de vida, que se ha utilizado para investigar los procesos relacionados con el agua, en general, se han aplicado a nivel

estratégico y/o regional, a nivel de proyecto y/o proceso y en un nivel muy específico (Buckley, Friedrich & von Blottnitz 2011).

#### **4.4 Función y tipos de compresores de aire**

Los compresores se utilizan en especial para la aplicación de calor, ventilación y aire acondicionado, el respeto al medio ambiente y el consumo de energía se convierte en un tema trascendental, la mejora del rendimiento del compresor, que cubre la parte principal del consumo de energía, se convirtió en un tema muy importante (Altunlu et al. 2012). Se indica cinco áreas tecnológicas donde son posibles mejoras de la eficiencia energética: la convección forzada para evaporadores y compresores, aceites de viscosidad más baja, la reducción en el nivel de temperatura en el interior de compresores, los motores de velocidad variable y aislamiento (Prata & Barbosa 2009).

Los compresores de pistón son muy vulnerables a los daños por la formación de espuma refrigerante y el retorno del líquido, esto dio lugar a pérdidas de eficiencia y la implementación de los compresores rotativos o de tornillo son más eficientes al reducir los fallos durante el funcionamiento (Wheeler 2013). Los compresores de tornillo cuentan con dos métodos más comunes para la solución de capacidad: una válvula corredora continua que cambia el punto de partida para el proceso de compresión y el control de velocidad al volumen de gas atrapado para comenzar el proceso de compresión (Reindl 2013).

Los diseñadores deben tener en cuenta parámetros como la calidad del aire, el consumo del aire, el suministro, el almacenamiento, la distribución, gestión de control en sus diseños para poder lograr una información específica del equipo (Kenkre 2013). Los métodos de fabricación ofrecen una gran flexibilidad en el diseño, el patrón del compresor y la producción, fabricando carcasas de acero de baja aleación por su costo-beneficio (Almasi 2012b).

Los sistemas de refrigeración avanzada cuentan con sistemas de pre-enfriamiento, con compresores variables de velocidad y almacenamiento, controlando de manera óptima la energía térmica (Zakula, Armstrong & Norford 2012). El método de control de proceso de producción de aire del compresor es irregular, se ha diseñado un nuevo controlador a

base de un chip microordenador que posee volumen pequeño, alta confiabilidad, un control estable y fácil manipulación (Gongfa et al. 2013).

Existen diferentes tipos de compresores, pero para efectos del presente estudio, el énfasis se hará en estos tipos de compresores: El compresor de pistón semihermético, tiene la carcasa en su interior, el propio compresor y un motor eléctrico, por lo general, este tipo de compresor funciona con líquidos de compuesto halogenados que fluyen en contacto directo con las piezas del motor, promoviendo la refrigeración del motor eléctrico (Bassetto, de Souza & Neto 2009). Por otro lado, la eficiencia del compresor de refrigeración hermético depende de su consumo de energía dentro de los tres componentes principales: en el ciclo de compresión de vapor, los otros dos componentes están relacionados con las pérdidas, pérdidas por fricción y las pérdidas eléctricas en el motor (Dagilis & Vaitkus 2009).

Los compresores de tornillo son máquinas de desplazamiento positivo, donde la compresión es realizada por un par de rotores helicoidales, con sus ejes paralelos, los rotores empleados en estos equipos, pueden tener perfiles simétricos o asimétricos (Rivera Torres & Vivanco 2005). En general, los compresores de tornillo son eficientes, fiables, compactos, competitivos tanto en el costo inicial y costo de operación, especialmente en el intervalo de bajo a medio-flujo, estos compresores atraen un volumen de entrada constante y no se ven afectados de manera significativa por cambios en las condiciones de servicio (Almasi 2012a).

Los compresores scroll consisten en la cooperación de los dos elementos en espiral, los efectos de estas características de diseño son las siguientes: el pequeño tamaño de la unidad, baja vibración, disminución en ruido y la monotonía del trabajo (Rak 2013). Existen también el compresor scroll con mini-manivela, la cual está conectada respectivamente con la espiral en órbita y el cuerpo de soporte a través del cojinete, con el fin de garantizar el movimiento de traslación giratorio de la espiral en órbita (Man et al. 2013).

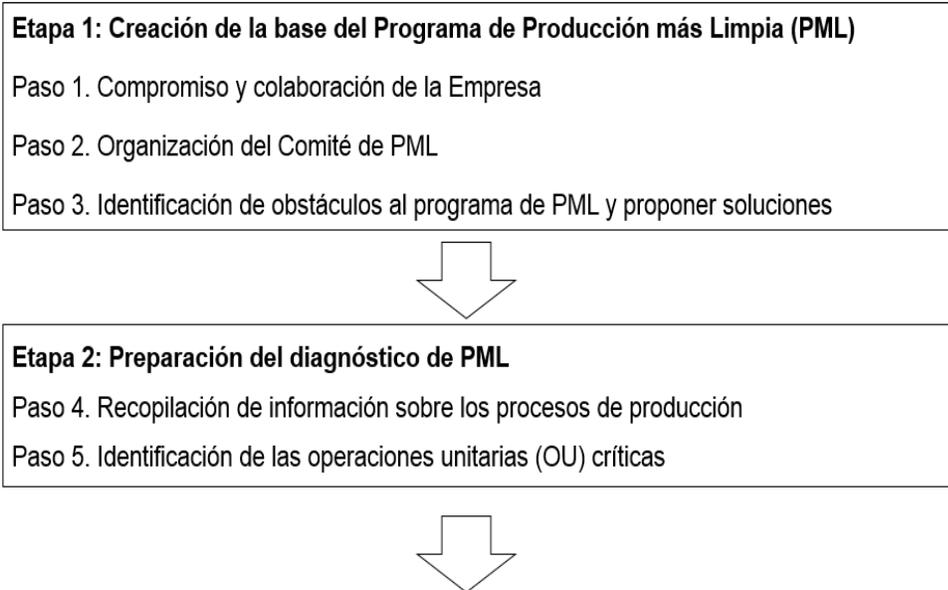
## V. METODOLOGÍA

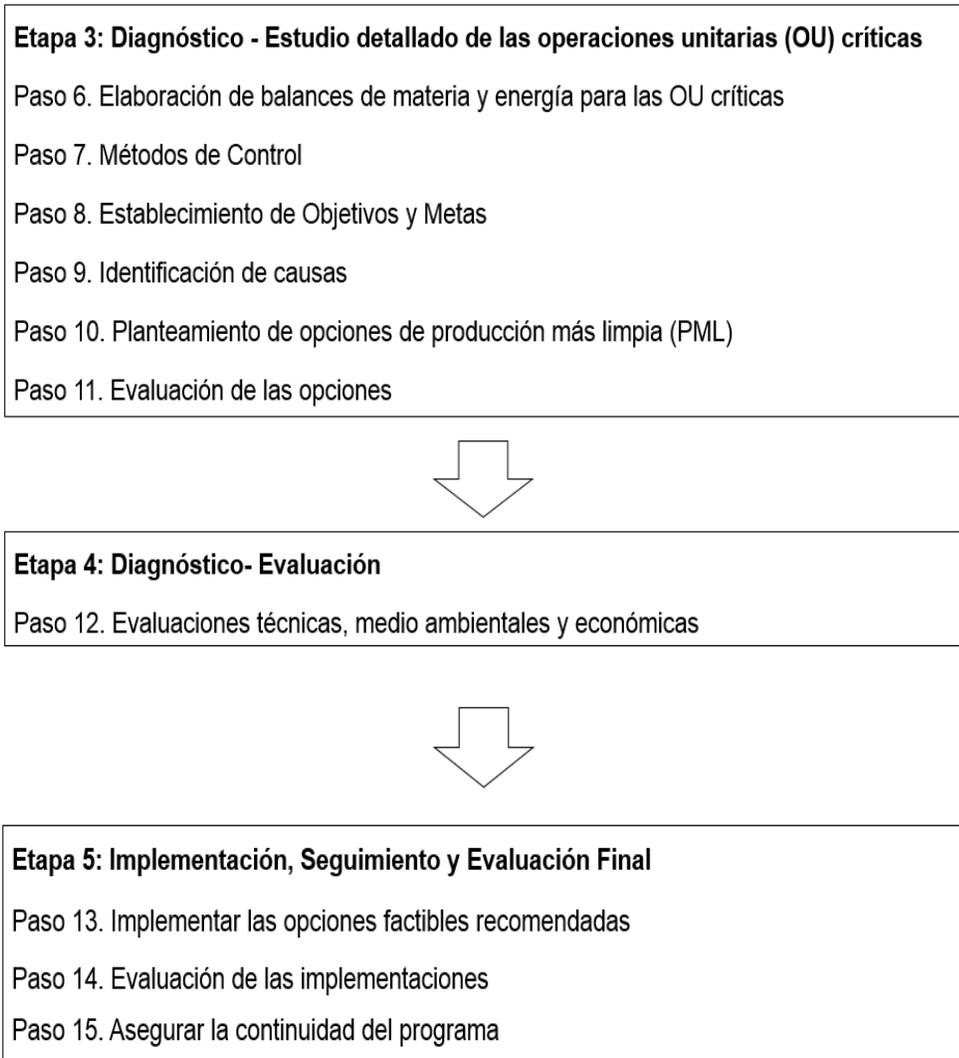
a) Tipo de estudio (cuantitativo, cualitativo, mixto).

Este estudio es de carácter cuantitativo debido a que se recolectó datos acerca de varios factores que influyen en el proceso de re-manufactura de compresores, como la iluminación, sonido, sustancias químicas y datos ergonómicos.

b) Diseño Metodológico (experimental, no experimental, programa).

Se realizó un programa de Producción más Limpia (Fig. 1) a partir de una integración de las metodologías propuestas por el **Centro de Promoción de Tecnologías Sostenibles** (2005), **US Environmental Protection Agency** (2001) y **Harry M. Freeman** (1995).





**Figura 1. Programa de Producción más Limpia**

Fuente: Adaptado de CTPS (2005).

c) Alcance.

El alcance del trabajo incluye las instalaciones de CPR Compresores S.A. de C.V. en la ciudad de Hermosillo, Sonora, México, desde septiembre del 2014 hasta diciembre del 2015.

d) Preguntas de investigación.

- ¿Cuáles son las oportunidades para prevenir, eliminar y/o reducir los riesgos ocupacionales y ambientales derivados de un proceso de re-manufactura de compresores?
- ¿Cuál es la viabilidad de implementar un Programa de Sustentabilidad basado en el enfoque de Producción más Limpia?

e) Objeto de estudio.

El proceso de re-manufactura de compresores abarca lo siguiente: recepción y desarme, diagnóstico de partes, revisión de partes, limpieza, maquinados, embobinado, ensamble pruebas de funcionamiento, pruebas de fuga, pintura, etiquetado y embalaje.

f) Selección del objeto de estudio o del lugar que ubica al objeto de estudio.

Se seleccionó la empresa a conveniencia ya que la alta gerencia mostró interés en el proyecto brindando las facilidades y oportunidades necesarias para la implementación del Programa de Producción más Limpia.

g) Instrumentos de recolección y manejo de datos.

Se utilizó registro histórico, observación directa y mediciones con diferentes instrumentos: tomando como referencias las siguientes normas: NOM-025-STPS-2008 de iluminación, se realizaron 50 muestreos de las estaciones de trabajo, el instrumento de medición que se utilizó es un luxómetro Lutron YK-10LX, y la NOM-011-STPS-2001 de ruido, el instrumento de medición que se utilizó es un sonómetro EXTECH Instruments 407764. Se analizó el riesgo del uso de sustancias químicas que se utilizan durante el proceso productivo a través de la información del inventario de químicos consultando hojas de datos de seguridad y las siguientes herramientas de búsqueda: Toxics Use Reduction Institute, Centers for Disease Control and Prevention, Chemical Hazard and Alternatives Toolbox, U.S. National Library of Medicine, Toxicology Data Network, and Haz-Map. El Estudio de Métodos ergonómicos se utilizó el método MODAPTS que significa “Modular Arrangement of Predetermined Time Standards”, en español “Arreglo Modular de Tiempos Estándares Predeterminados”.

El manejo de datos se llevó a cabo en hoja de cálculo Microsoft Excel.

## VI. RESULTADOS

### Etapa 1: Creación de la base del Programa de Producción más Limpia

#### Paso 1. Compromiso y colaboración de la Empresa

CPR Compresores S.A de C.V. fue fundada en 1992 y se dedica a la comercialización de compresores, refacciones y accesorios para aplicación en refrigeración comercial, industrial, marina y aire acondicionado.

La empresa se encuentra certificada por la International Compressor Remanufacturers Associaton (ICRA) y cuenta con el servicio autorizado de la marca Bitzer, lo que permite tener la capacidad de brindar servicio a cualquier marca y capacidad de compresor, contando con el respaldo de los principales fabricantes a nivel internacional.

La planta se encuentra ubicada en Calle de los Volcanes #28, Col. Akiwiki, Hermosillo, Sonora, México, C.P. 83290, cuenta con una superficie de 2,000 metros cuadrados y un total de 24 empleados, específicamente en el área de producción laboran 18 personas, asignadas de la siguiente manera:

- 14 Operadores de producción
- 1 Jefe de taller
- 1 Soporte técnico
- 2 Ingenieros

Para iniciar el desarrollo del Programa de Producción más Limpia (PML) y asegurar su ejecución, calidad y continuidad, se realizó el compromiso de la alta administración de la empresa por medio de un convenio entre la Universidad de Sonora y CPR Compresores S.A de C.V. (Anexo 1).

La empresa cuenta con:

- Misión: Satisfacer en forma rápida y eficiente las necesidades de todos nuestros clientes, consolidándonos como la mejor opción fortalecida con una cultura de trabajo basada en la honestidad, responsabilidad, competitividad y calidad.
- Visión: Ser una empresa especializada en la comercialización de todo tipo de compresores (nuevos y re-manufacturados para refrigeración y aire

acondicionado). Con presencia en todo el territorio nacional manteniendo la sustentabilidad, eficiencia y rentabilidad.

- Valores: calidad, servicio, honestidad, experiencia, compromiso, responsabilidad.
- Política de calidad: Somos una empresa especializada en la re-manufactura y comercialización de compresores aplicados en refrigeración y aire acondicionado, nos mantenemos en constante desarrollo para conservar nuestro liderazgo en el mercado. Todos los que integramos CPR Compresores somos personas honestas y comprometidas que debemos asegurar la satisfacción de nuestros clientes y la rentabilidad de la empresa. Cumplimos los requisitos establecidos en las diferentes etapas de la operación a través de la mejora continua de nuestros procesos y objetivos. Mantenemos la eficacia de nuestro sistema de gestión de calidad y el desarrollo continuo de nuestro personal.

## **Paso 2. Organización del Comité de PML**

Se realizó un Comité de PML al interior de la empresa, a fin de que cuente con la capacidad de tomar decisiones que permita gestionar las actividades de PML, el cual está integrado por:

- Líder del programa y autor de este documento
- Jefe de Materiales
- Jefe de Operaciones
- Jefe de taller

Adquiriendo funciones principales:

- Funcionó como un enlace entre el Comité y los niveles ejecutivos y operativos de la empresa
- Supervisó el logro de los objetivos, metas e implementar las recomendaciones de PML.

### Paso 3. Identificación de obstáculos al programa de PML y proponer soluciones

La tabla no. 1, identifica los obstáculos que impiden el éxito del programa en la empresa.

**Tabla 1. Obstáculos que impiden el éxito del programa en la empresa**

Obstáculos	Ejemplo	Solución
De información	Los trabajadores desconocen enfoque de PML, causando confusión y resistencia al programa.	Explicar las ventajas/beneficios a la salud/seguridad humana y al medio ambiente.
Tecnológicos	La utilización de maquinaria especializada en ciertas actividades	Mostrar costo/beneficio de la maquinaria utilizada
Financiero	Tiempo de espera por parte del corporativo	Demostrar que la inversión en el programa de PML serán redituables a la empresa

Fuente: Elaboración Propia.

### Etapa 2: Preparación del diagnóstico de PML

#### Paso 4. Recopilación de información sobre los procesos de producción

El proceso productivo de la empresa, donde se realizan las diferentes actividades al compresor de aire a través del área de producción de la empresa, se representa en el siguiente diagrama de flujo en la figura 2:



**Figura 2. Diagrama de flujo del proceso productivo**

Fuente: Elaboración Propia.

En dicho proceso se involucran diferentes tipos de materiales, los cuales se clasificaron en la tabla 2 se detalla de la siguiente manera:

**Tabla 2. Tipos de materiales utilizados en el proceso**

<b>Lista de Sustancias químicas:</b>	<b>Lista de Equipo:</b>	<b>Lista de Material:</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Foam Cleaner</li> <li>- Varsol (Pre-Cloro)</li> <li>- Alkaline Rust (ácido en caliente)</li> <li>- Frio WF 150 (aceite mineral sintético)</li> <li>- Aceite soluble CONOCO (refrigerante para maquinado)</li> <li>- Pintura</li> <li>- Thinner</li> <li>- Loctite 620</li> <li>- Barniz</li> <li>- Óxido de hierro</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pistola para compresor de aire</li> <li>- Pulidor eléctrico</li> <li>- Gibson Abrasive Equipment LLC</li> <li>- Compresor de aire</li> <li>- Herramientas manuales</li> <li>- O<sub>2</sub>N<sub>2</sub> SITE Gas System</li> <li>- Kwik-Way 858 (Rectificado de platos)</li> <li>- "Jaws IV" hydraulic IronWorker</li> <li>- Equipo de medición</li> <li>- Horno Despater (Horno para bobina)</li> <li>- Montacargas</li> <li>- Grúas metálicas</li> <li>- Mesas móviles</li> <li>- Cautín</li> <li>- Tornillos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Empaque</li> <li>- Refacciones</li> <li>- Soldadura</li> <li>- Cobre</li> </ul>

Fuente: Elaboración Propia.

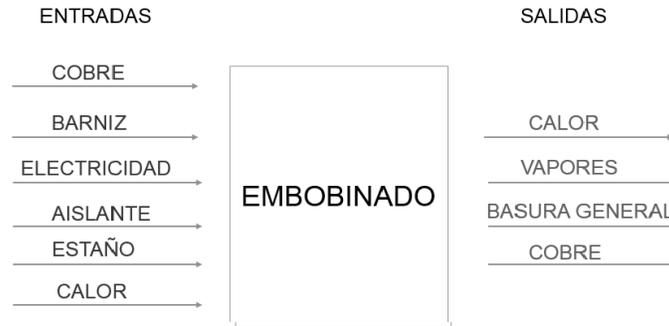
### Paso 5. Identificación de las operaciones unitarias críticas

Las relaciones entradas/salidas de las operaciones unitarias se detallaron de acuerdo a las diferentes áreas del proceso productivo de la empresa, en cada una de ellas interactúan diferentes tipos de materiales y sustancias, ya que las diferentes áreas no tienen un orden o secuencia específico, se analizaron por separado en las siguientes figuras:



**Figura 3. Relación entrada/salida en diagnóstico y desarme**

Fuente: Elaboración Propia



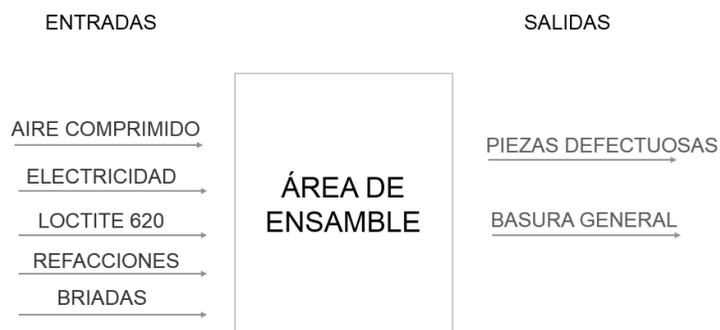
**Figura 4. Relación entrada/salida en embobinado**

Fuente: Elaboración Propia



**Figura 5. Relación entrada/salida en maquinado**

Fuente: Elaboración Propia



**Figura 6. Relación entrada/salida en área de ensamble**

Fuente: Elaboración Propia



**Figura 7. Relación entrada/salida en prueba de funcionamiento**

Fuente: Elaboración Propia



**Figura 8. Relación entrada/salida en prueba de fuga**

Fuente: Elaboración Propia



**Figura 9. Relación entrada/salida en pintura**

Fuente: Elaboración Propia



**Figura 10. Relación entrada/salida en etiquetado y embalaje**

Fuente: Elaboración Propia

### **Etapas 3: Diagnóstico - Estudio detallado de las operaciones unitarias críticas**

#### **Paso 6. Elaboración de balances de materia y energía para las OU críticas**

El objetivo en esta etapa fue analizar detalladamente las operaciones unitarias críticas, las cuales se analizarán en los siguientes puntos:

#### **6.1 Riesgos Ocupacionales**

##### **6.1.1 Riesgos Ergonómicos**

En este proyecto se utilizó el método ergonómico llamado MODAPTS, en español conocido como "Arreglo Modular de Tiempos Estándares Predeterminados", proporciona un método rápido y consistente para determinar "un día bueno de trabajo" en las plantas manufactureras, oficinas, centros de distribución, etc. Es un sistema que relaciona los tiempos de ejecución de los movimientos que ejecuta el cuerpo humano cuando se está relacionando actividades laborales. En MODAPTS estas unidades de trabajo humano físico son denominadas "Módulos", todo el sistema está basado en el simple hecho que todos los movimientos del cuerpo pueden ser expresados en términos múltiples de una sola unidad de tiempo llamada MOD tiene un valor de 0.129 segundos o 0.00215 minutos. Los movimientos del cuerpo con sus respectivos códigos se especifican en el Anexo 2. (Carey 2001).

Se realizaron estudios ergonómicos correspondientes a cada área del proceso productivo, se determinaron los resultados generales en la tabla 3:

**Tabla 3. Resultados ergonómicos del proceso productivo**

Estación de Trabajo	Resultados (El número indica la cantidad de veces que se realizó dicha actividad)
Desarme:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Factor de carga normal *: 51</li> <li>• Movimientos con brazo extendidos: 6</li> <li>• Manos debajo de rodillas: 4</li> <li>• Mala distribución de estaciones, caminar excesivo: 2</li> <li>• Movimiento de tronco corporal: 1</li> <li>• Uso de fuerza excesiva: 1</li> </ul>
Cuerpo:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Movimientos con brazo extendidos: 36</li> <li>• Factor de carga normal: 9</li> <li>• Movimiento de tronco corporal: 2</li> <li>• Manos debajo de rodillas: 2</li> <li>• Mala distribución de estaciones, caminar excesivo: 1</li> </ul>
Tapas:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Factor de carga moderada **: 23</li> <li>• Manos debajo de rodillas: 4</li> <li>• Movimientos con brazo extendidos: 3</li> <li>• Mala distribución de estaciones, caminar excesivo: 1</li> </ul>
Rotor:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Factor de carga moderada: 16</li> <li>• Manos debajo de rodillas: 3</li> <li>• Mala distribución de estaciones, caminar excesivo: 3</li> </ul>
Cigüeñal:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Factor de carga moderada: 22</li> <li>• Movimiento de tronco corporal: 3</li> <li>• Manos debajo de rodillas: 2</li> <li>• Mala distribución de estaciones, caminar excesivo: 2</li> </ul>
Tornillos:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Movimientos con brazo extendidos: 7</li> <li>• Movimiento de tronco corporal: 4</li> <li>• Manos debajo de rodillas: 2</li> <li>• Factor de carga moderada: 2</li> </ul>
Pistones:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Movimiento de tronco corporal: 3</li> <li>• Manos debajo de rodillas: 1</li> <li>• Movimientos con brazo extendidos: 1</li> </ul>
Embobinado:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Factor de carga normal: 12</li> <li>• Mala distribución de estaciones, caminar excesivo: 3</li> <li>• Manos debajo de rodillas: 1</li> </ul>
Rectificador de Platos:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Movimientos con brazo extendidos: 8</li> <li>• Mala distribución de estaciones, caminar excesivo: 6</li> <li>• Movimiento de tronco corporal: 4</li> <li>• Manos debajo de rodillas: 1</li> <li>• Uso de fuerza excesiva: 1</li> </ul>
Maquinado- Bidas:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mala distribución de estaciones, caminar excesivo: 3</li> <li>• Factor de carga moderada: 2</li> </ul>
Ensamble:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Factor de carga normal: 35</li> <li>• Movimientos con brazo extendidos: 6</li> <li>• Mala distribución de estaciones, caminar excesivo: 2</li> <li>• Manos debajo de rodillas: 1</li> </ul>
Prueba de funcionamiento:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Movimientos con brazo extendidos: 17</li> <li>• Factor de carga moderada: 3</li> <li>• Mala distribución de estaciones, caminar excesivo: 3</li> <li>• Movimiento de tronco corporal: 1</li> </ul>
Prueba de Fuga:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Movimientos con brazo extendidos: 9</li> <li>• Mala distribución de estaciones, caminar excesivo: 2</li> </ul>
Pintura:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Movimientos con brazo extendidos: 23</li> <li>• Mala distribución de estaciones, caminar excesivo: 7</li> <li>• Manos debajo de rodillas: 3</li> <li>• Factor de carga moderada: 3</li> <li>• Movimiento de tronco corporal: 1</li> </ul>
Etiquetado y Embalaje:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Manos debajo de rodillas: 6</li> <li>• Movimientos con brazo extendidos: 3</li> <li>• Mala distribución de estaciones, caminar excesivo: 1</li> </ul>
Nota: * Factor de carga normal: Es la cantidad de peso menor o igual a 2 kg. ** Factor de carga moderada: Es la cantidad de peso mayor a 2 kg hasta 4 kg.	

Fuente: Elaboración Propia.

Los resultados ergonómicos mostrados en la tabla 3, detallan los movimientos con mayor riesgo para los trabajadores, realizándose en diferentes ocasiones en cada uno de los procesos, destacando los siguientes:

- a) Factor de carga: El trabajador transporta un objeto con peso menor de 2 kilogramos.
- b) Factor de carga moderada: El trabajador transporta un objeto mayor de 2 kilogramos.
- c) Movimientos con brazos extendidos: El trabajador extiende sus brazos a hasta 45 centímetros.
- d) Manos debajo de rodillas: El trabajador extiende sus brazos para agarrar algún objeto que se encuentre en el suelo.
- e) Movimiento de tronco corporal: El trabajador extiende sus brazos hasta 75 centímetros.
- f) Mala distribución de estaciones, caminar en exceso: El trabajador realiza más de 20 pasos, en ocasiones cargando con algún objeto.
- g) Uso de fuerza excesiva: El trabajador para realizar su actividad utiliza un esfuerzo mayor que el requerido.

### 6.1.2 Ruido

Teniendo como referencia la norma NOM-011-STPS-2001, titulada “condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se genere ruido”; Se establece los límites permisibles de exposición de los trabajadores a ruido estable, inestable o impulsivo durante el ejercicio de sus labores, en una jornada laboral de 8 horas, según muestra la tabla 4 de dicha Norma:

**Tabla 4. Límites permisibles de exposición de los trabajadores a ruido estable según Norma Oficial Mexicana NOM-011-STPS-2001**

NER	TMPE
90 dB(A)	8 HORAS
93 dB(A)	4 HORAS
96 dB(A)	2 HORAS
99 dB(A)	1 HORA
102 dB(A)	30 MINUTOS
105 dB(A)	15 MINUTOS

Fuente: (México 2001)

se establecen las diferentes estaciones del proceso productivo y en la figura 11 se muestra la distribución de la planta, a continuación dicha información:



**Tabla 6. Resultados de generación de ruido en temporada baja**  
(El número en **negritas** indica que no cumple con la norma)

No. Estación	Nombre Estación	Sección	Promedio (dB)
1	Lavado en Caliente	1	<b>97.3</b>
		2	<b>95.4</b>
2	Desarme y Revisión	1	<b>93.6</b>
		2	<b>91.3</b>
3	Lavado y Secado	1	<b>105.5</b>
		2	<b>101.8</b>
4	Maquina Oxidación	1	<b>103.7</b>
5	Enjuague y Secado	1	<b>104.9</b>
6	Pulido	1	<b>104.3</b>
		2	<b>104.8</b>
7	Lavado Final	1	<b>94.9</b>
		2	<b>109.0</b>
		3	<b>96.1</b>
8	Maquina Tornillos	1	<b>105.9</b>
9	Prueba de Fugas	1	<b>106.2</b>
10	Prueba de Funcionamiento	1	<b>100.4</b>
		2	88.8
11	Área de Ensamble	1	86.4
		2	<b>90.5</b>
		3	86.8
		4	89.4
		5	<b>90.4</b>
		6	89.7
		7	<b>92.4</b>
12	Maquinado de platos	1	<b>93.6</b>
13	Maquinado de bridas	1	89.2
14	Embobinado	1	88.9
		2	83.8
15	Pintura	1	87.0
		2	82.4
		3	80.0
16	Etiquetado y Embalaje	1	<b>98.3</b>

Fuente: Elaboración Propia

De las 32 secciones en 16 estaciones, no cumplen 21 secciones.

### 6.1.3 Iluminación

Con referencia la norma NOM-025-STPS-2008 que determina los niveles mínimos de iluminación que deben incidir en el plano de trabajo, para cada tipo de tarea visual o área de trabajo, son los establecidos en la tabla 7, que para dicho trabajo solo se contempla el rango que se utiliza en el proceso de re manufactura de compresores:

**Tabla 7. Condiciones de iluminación en los centros de trabajo según  
Norma Oficial Mexicana NOM-025-STPS-2008**

<b>Tarea Visual del Puesto de Trabajo</b>	<b>Área de Trabajo</b>	<b>Niveles Mínimos de iluminación (luxes)</b>
Requerimiento visual simple: inspección visual, recuento de piezas, trabajo en banco y máquina.	Servicios al personal: almacenaje rudo, recepción y despacho, casetas de vigilancia, cuartos de compresores y pailería.	200
Distinción moderada de detalles: ensamble simple, trabajo medio en banco y máquina, inspección simple, empaque y trabajos de oficina.	Talleres: áreas de empaque y ensamble, aulas y oficinas.	300

Fuente: Mexico (2008)

Se realizaron 3 muestras de iluminación en el día, durante la primera hora de jornada laboral, durante media jornada laboral y durante la última hora de jornada laboral, realizándolas en las siguientes estaciones:

- Prueba de fuga
- Área de ensamble
- Embobinado
- Lavado final

Los resultados se encuentran en la tabla 8, donde se determina las áreas específicas que no cumplen con los límites establecidos por la norma. Con referencia a la tabla 8 de iluminación se muestran las secciones que no cumplen con la Norma, estando debajo de los niveles requeridos para realizar su labor, aumentando el riesgo al trabajador, los resultados se detallan a continuación en cada estación de trabajo:

- a) Prueba de Fuga: No cumple con lo establecido en la Norma.
- b) Área de Ensamble: No cumple en la sección 7 con lo establecido en la Norma.
- c) Embobinado: No cumple en sus 2 secciones correspondientes.
- d) Lavado Final: No cumple en sus 3 secciones correspondientes.

**Tabla 8. Mediciones de iluminación**(El número en **negritas** indica que no cumple con la norma)

<b>MEDICIÓN CON LUXOMETRO</b>					
	8:30 – 9:30	11:30 – 12:30	16:30 – 17:30	Promedio (Lux)	Límite Norma (Lux)
No. Sección	<i>PRUEBA DE FUGA</i>				
1.-	127	78	43	<b>82.7</b>	200
	<i>AREA DE ENSAMBLE</i>				
1.-	395	392	403	396.7	300
2.-	403	450	490	447.7	300
3.-	310	388	357	351.7	300
4.-	280	320	316	305.3	300
5.-	370	372	368	370.0	300
6.-	330	338	397	355.0	300
7.-	138	158	150	<b>148.7</b>	300
	<i>EMBOBINADO</i>				
1.-	80	43	5	<b>42.7</b>	300
2.-	242	269	251	<b>254.0</b>	300
	<i>LAVADO FINAL</i>				
1.-	118	70	97	<b>95.0</b>	300
2.-	136	75	100	<b>103.7</b>	300
3.-	147	72	101	<b>106.7</b>	300

Fuente: Elaboración Propia

## 6.2 Riesgos Químicos

En esta sección se analizaron las sustancias químicas que se utilizan durante el proceso productivo, los materiales con los que interactúan los trabajadores, el número CAS, el nombre químico, la fórmula química, la estructura química, el peso molecular, el límite de exposición medio, los órganos que interactúan con el químico, los efectos a la salud, el equipo de protección personal necesario y las exposiciones límites en normas. Cada sustancia química se especifica en el modelo rombo de seguridad (ver tabla 9):

**Tabla 9. Rombo de seguridad de sustancias químicas del proceso productivo**

Sustancia química	Salud	Inflamabilidad	Reactividad	Reactividad
Foam Cleaner	2	0	0	AGUA
Varsol	1	3	0	AGUA
Alkaline Rust	2	0	1	AGUA
Frio WF 150	0	1	0	NO
Aceite Soluble	1	1	0	NO
Pintura	2	3	0	NO
Thinner	2	3	0	NO
Loctite 620	2	1	1	NO
Barniz	1	3	1	NO

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 10 se presentan los valores de límites de exposición, están indicados para condiciones normales de temperatura y presión, para una jornada laboral de 8 horas

diarias y 40 horas a la semana, según OSHA PEL que es el límite de exposición permisible de la administración de seguridad y salud ocupacional de Estados Unidos, NIOSH REL que es el límite de exposición recomendados por el instituto nacional para la salud y seguridad ocupacional de Estados Unidos, y la NOM-10-STPS-2014, mostrado en TWA que es el tiempo promedio ponderado a la exposición de cada sustancia química, encontrándose los siguientes datos:

**Tabla 10. Valores límites de exposición**

Sustancia química	OSHA PEL	NIOSH REL	NOM-10-STPS-2014
Foam Cleaner	TWA 3 ppm	TWA 3 ppm (2.5 mg/m <sup>3</sup> ) C 6 ppm (5 mg/m <sup>3</sup> )	1 mg/m <sup>3</sup>
Varsol	TWA 500 ppm	TWA 350 mg/m <sup>3</sup> C 1800 mg/m <sup>3</sup>	No Aplica
Alkaline Rust	TWA 2 mg/m <sup>3</sup>	C 2 mg/m <sup>3</sup>	2 mg/m <sup>3</sup>
Frio WF 150	TWA 5 mg/m <sup>3</sup>	TWA 5 mg/m <sup>3</sup> ST 10 mg/m <sup>3</sup>	No Aplica
Aceite Soluble	TWA 5 mg/m <sup>3</sup>	TWA 10 mg/m <sup>3</sup>	5 mg/m <sup>3</sup>
Pintura	TWA 1000 ppm (1800 mg/m <sup>3</sup> )	TWA 1000 ppm (1800 mg/m <sup>3</sup> )	1000 ppm
Thinner	TWA 200 ppm	TWA 100 ppm (375 mg/m <sup>3</sup> )	20 ppm
Loctite 620	TWA 100 ppm (410 mg/m <sup>3</sup> )	TWA 100 ppm (410 mg/m <sup>3</sup> )	No Aplica
Barniz	No Aplica	TWA 350 mg/m <sup>3</sup>	No Aplica

Fuente: Elaboración Propia

Los riesgos a la salud que están expuestos los trabajadores, al igual que las precauciones que deben de tener se detallarán en cada una de las sustancias químicas, a continuación:

#### **a) Foam Cleaner**

Es un limpiador concentrado de serpentines, de alta espuma y base ácida, su estado es líquido de color rosa; Disuelve polvo, aceite, grasa, lama, algas, sarro, gases de combustión, salitre, etc.

Inhalación: Ataca el tracto respiratorio con síntomas picosos e irritantes, dolor de garganta, tos, dolor de cabeza, náusea, vómito, vértigo, somnolencia.

Piel: Evitar cualquier tipo de contacto. Este material es corrosivo a todos los tejidos del cuerpo. El dolor y enrojecimiento pueden no manifestarse de inmediato, sus efectos pueden tardar hasta 15 minutos en verse o sentirse. Enjuague inmediatamente aún si solo se presume que hubo contacto.

Ojos: En el contacto con los ojos puede causar irritación, dolor y ojos rojos e inclusive ceguera.

Ingestión: No ingerir. Causa quemaduras y pueden ser fatales. Manténgase en su envase lejos de niños.

#### **b) Varsol**

Líquido incoloro, olor característico. Se usa como solvente en diluyente de pinturas y barnices, en la industria textil, como solvente para secantes, desengrasantes de metales, en la preparación de pulidores o betún para muebles, zapatos y pisos, solvente de limpieza en seco, etc.

Inhalación: No es tóxico al ser inhalado; pero evite inhalar los vapores ya que estos pueden causar ligera irritación en las membranas, puede causar mareo y náuseas.

Piel: Exposición prolongada puede ocasionar irritación a la piel, puede causar irritación o inflamación.

Ojos: Puede causar ligera irritación.

Ingestión: Pequeñas cantidades (aprox. Una cucharada) puede causar dolor estomacal y vómito, ingerido en grandes cantidades es ligeramente tóxico, dolor en la zona superior del abdomen.

#### **c) Alkaline Rust**

En estado líquido, se utiliza para quitar pintura, óxido por método de inmersión. Es altamente alcalino y no se debe utilizar en estaño, aluminio, zinc o cualquier aleación que contenga esos metales.

Inhalación: Puede producir quemaduras graves, daños a los tejidos y cicatrices.

Irritación: Prolongación con el producto puede causar cicatrización irreversible.

Piel: Exposición prolongada puede ocasionar irritación a la piel.

Ojos: Corrosivo, puede ocasionar daño permanente y ceguera.

#### **d) Frío WF 150**

Lubricación del compresor en estado líquido. Elaborado con aceites nafténicos hidrogenados derivados del petróleo altamente refinados, para lograr un buen desempeño en un rango de temperaturas de evaporación de  $-15^{\circ}\text{C}$  a  $+15^{\circ}\text{C}$  ya que en estas condiciones no se presentan precipitaciones de ceras.

Ingestión: Puede ocasionar náuseas.

Inhalación: Puede causar mareos y dolores de cabeza.

Ojos: Causa irritación.

Piel: Causa irritación.

#### **e) Aceite Soluble (CONOCO)**

Es un fluido libre de cloro para trabajos de maquinado de metales de servicio ligero, desarrollado para emulsificarse fácilmente y formar una emulsión estable cuando se mezcla con agua. Proporciona excelentes cualidades de enfriamiento y lubricación para los trabajos de corte y fresado de servicio ligero, de metales ferrosos y no-ferrosos, que alargan la vida de las herramientas y deja buenos acabados en las superficies de las piezas maquinadas

Ingestión: Puede irritar la boca, la garganta y el estómago. Entre los síntomas se pueden encontrar dolor, náuseas, vómitos y diarrea.

Inhalación: No se anticipa que sea dañino si se inhala. Contiene un aceite mineral con base de petróleo. Puede causar irritación respiratoria u otros efectos pulmonares después de una prolongada o repetida inhalación de neblina de aceite a niveles aerotransportados que estén por encima del límite de exposición recomendado para la neblina de aceite mineral. Entre los síntomas de la irritación respiratoria se pueden encontrar tos y dificultad al respirar.

Ojos: No se anticipa que cause irritación prolongada o significativa a los ojos.

Piel: El contacto con la piel causa irritación. El contacto con la piel puede causar secamiento o desgrase de la piel. No se espera que el contacto con la piel cause una respuesta alérgica en la piel. Entre los síntomas se pueden encontrar dolor, picazón, decoloración, inflamación y formación de ampollas. No se anticipa que sea dañino a los órganos internos si se absorbe a través de la piel.

#### **f) Pintura (Anticorrosiva)**

La pintura acrílica es una clase de pintura que contiene un material plastificado, pintura de secado rápido, en la que los pigmentos están contenidos en una emulsión de un polímero acrílico. Aunque son solubles en agua, una vez secas son resistentes a la misma.

Destaca especialmente por la rapidez del secado. Asimismo, al secar se modifica ligeramente el tono, más que en el óleo.

Ingestión: Causa vómito y náuseas.

Inhalación: Causa tos, irritación de las membranas mucosas y dificultad para respirar.

Ojos: Causa irritación.

Piel: Puede causar irritación y resequedad.

### **g) Thinner**

El diluyente, también conocido como adelgazador o rebajador de pinturas, es una mezcla de disolventes de naturaleza orgánica derivados del petróleo que ha sido diseñado para disolver, diluir o adelgazar sustancias insolubles en agua, como la pintura de esmalte o basada en aceites, los aceites y las grasas.

Ingestión: Puede causar graves trastornos gástricos. Puede ser fatal.

Inhalación: La respiración de vapores de este producto puede causar irritación del aparato respiratorio. Tiene efecto narcótico; puede causar perturbaciones en el sistema nervioso, depresión del sistema nervioso central, neuropatía periférica (adormecimiento miembros).

Ojos: Puede causar irritación en los ojos por contacto.

Piel: Puede causar irritación en la piel. Absorbido por la piel.

### **h) Loctite 620**

Alta resistencia térmica, de color verde estado líquido, está diseñado para retener piezas cilíndricas ajustadas. El producto cura en ausencia de aire, entre superficies metálicas ajustadas, evitando el aflojamiento y las fugas producidas por impactos y/o vibraciones. Ideal para reforzar la unión de los pasadores en radiadores, los casquillos en cuerpos de bomba y los rodamientos de las transmisiones.

Ingestión: Puede ser perjudicial si es tragado, dañino.

Inhalación: Puede causar irritación de las vías respiratorias.

Ojos: Causa irritación.

Piel: Puede causar reacciones alérgicas.

### **i) Barniz**

Es una disolución de aceites o sustancias resinosas en un disolvente, que se volatiliza o se seca al aire mediante evaporación de disolventes o la acción de un catalizador, dejando una capa o película sobre la superficie a la que se ha aplicado. Su aplicación a maderas y otras superficies tiene como objeto primordial preservarlas de la acción de agentes atmosféricos si se expone al exterior o de proteger y dar belleza además de resistencia física y química si su destino es interior.

Ingestión: Puede causar irritación al tracto digestivo, náuseas, vómitos.

Inhalación: Puede causar dolor de cabeza, náuseas, bronquitis.

Ojos: Puede producir conjuntivitis.

Piel: Puede causar irritación.

### 6.3 Riesgos Ambientales

Esta sección se compone de los diferentes riesgos ambientales que contaminan el aire, agua o suelo durante el proceso de producción, la información se muestra a detalle en la tabla 11:

**Tabla 11. Riesgos Ambientales**

	<b>Aire</b>	<b>Agua</b>	<b>Suelo</b>
<b>Foam Cleaner</b>		Puede provocar contaminación de mantos acuíferos de la región y el deterioro geológico del suelo y subsuelo	Se debe evitar derrame en el suelo
<b>Varsol</b>	Se puede acumular hasta niveles eco-tóxicos en la cadena alimentaria	Se puede acumular hasta niveles eco-tóxicos en la cadena alimentaria	Se puede acumular hasta niveles eco-tóxicos en la cadena alimentaria
<b>Alkaline Rust</b>		Se debe mantener fuera del alcantarillado, desagües pluviales y las aguas superficiales	Se debe evitar derrame en el suelo
<b>Frío WF 150</b>		Se debe evitar derrames en vías fluviales	Se debe evitar derrame en el suelo
<b>Aceite Soluble (CONOCO)</b>		Puede contaminar aguas superficiales y aguas subterráneas. Se espera que este material sea nocivo para los organismos acuáticos y puede causar efectos adversos a largo plazo en el medio ambiente acuático.	Puede contaminar terrenos
<b>Pintura (Anticorrosiva)</b>	Evitar su utilización en zona con alto índice de población	Se debe evitar que penetre en las alcantarillas y desagües o corrientes de agua potable. Impedir que el producto entre en contacto con desagües y suministros de agua potable.	Puede afectar el suelo
<b>Thinner</b>		Se debe evitar el ingreso del producto a cloacas, sótanos o áreas confinadas	Se debe evitar derrame en el suelo
<b>Loctite 620</b>		No se debe permitir que penetre en alcantarillas, drenajes o fuentes naturales.	Puede afectar el suelo
<b>Barniz</b>		Puede contaminar cursos de agua, alcantarillados y drenajes	Puede contaminar terreno y vegetación.
<b>Rebaba de metales</b>		No se debe permitir que penetre en alcantarillas, drenajes o fuentes naturales.	Se debe evitar derrame en el suelo

Fuente: Elaboración Propia

## **Paso 7. Métodos de Control**

En esta etapa se detallan los diferentes niveles de control: ingeniería y administrativo, al igual, el equipo de protección personal, que se realizan durante el proceso de remanufactura de compresores de aire en la empresa:

### **7.1 Controles de Ingeniería**

Se encontraron diferentes controles de ingeniería durante el proceso, a) la aislación, se observa que el área de pintura se encuentra alejada del área de producción, por lo que afecta solo al empleado de dicha área. b) El cercado, se construyó un área específica subterránea, donde se almacena los residuos del agua contaminada utilizada en el proceso, donde no afecte directamente al trabajador. c) Ventilación, pese a que la gran mayoría de las estaciones de trabajo se realizan prácticamente al aire libre, los trabajadores cuentan con ventiladores industriales, que se colocan estratégicamente para mitigar las altas temperaturas a los trabajadores y reduce las partículas de aire que respiran los trabajadores.

### **7.2 Controles Administrativos**

Cumpliendo controles administrativos, la empresa ofrece un horario fijo, sin rotación de turnos, en el cual tienen un descanso de merienda en media mañana de 30 minutos, además de contar con su hora de comida en media jornada laboral ya establecida. Realizan rotación en el área de pintura de trabajadores, aunque no se realiza un cierto tiempo específico, se realiza dependiendo de la habilidad del trabajador.

### **7.3 Equipos de Protección Personal**

La empresa otorga equipo de protección personal necesario para realizar sus labores, ya sean auditivos, lentes, guantes y zapatos, el problema realmente es que no los obliga a que los utilicen durante las actividades, por lo que los trabajadores tienen la libertad de utilizarlos o no. Otro problema, es que algunos equipos no son los adecuados para cubrir algunas actividades específicas.

## **Paso 8. Establecimiento de Objetivos y Metas**

En esta etapa se definen los diferentes objetivos y metas en cada una de las áreas diagnosticadas, con la finalidad de prevenir, eliminar y/o reducir los riesgos ocupacionales y ambientales en el proceso de re-manufactura de compresores de aire.

### **8.1 Objetivos Riesgos Ergonómicos**

Prevenir, eliminar y/o reducir los riesgos ergonómicos durante el procedimiento de re-manufactura de compresores.

Meta 8.1.1 Adquisición de una grúa para aumentar la producción, así como eliminar y/o reducir los movimientos de carga para los trabajadores.

Meta 8.1.2 Modificación de la altura del control de la grúa para reducir el riesgo de lesión de hombros en los trabajadores.

Meta 8.1.3 Modificar el contenedor del área de lavado final con el fin de reducir riesgos de lesión en espalda de los trabajadores.

Meta 8.1.4 Modificar la altura, en al menos 2 mesas de las estaciones de trabajo, con el fin de reducir riesgos de lesión en brazos de los trabajadores.

Meta 8.1.5 La adquisición de descansa pies, en al menos el área más crítica del área de producción.

### **8.2 Objetivos Riesgos de Sonido**

Prevenir, eliminar y/o reducir los riesgos de sonido durante el procedimiento de re-manufactura de compresores.

Meta 8.2.1 Utilización del equipo de protección auditiva para el personal en el área de producción al menos en las áreas de: lavado y secado, enjuague y secado.

### **8.3 Objetivos Riesgos de Iluminación**

Prevenir, eliminar y/o reducir los riesgos de iluminación durante el procedimiento de re-manufactura de compresores.

Meta 9.3.1 Realizar que el área de prueba de fuga cumpla con los niveles de iluminación necesarios para cumplir con dicha actividad, eliminando el riesgo al personal en dicha actividad.

## 8.4 Objetivo Riesgos por Sustancias Químicas

Prevenir, eliminar y/o reducir los riesgos de sustancias químicas durante el procedimiento de re-manufactura de compresores.

Meta 9.4.1 Contratar a una empresa de gestión de residuos.

Meta 9.4.2 Crear área de limpieza de tóxicos líquidos en área de pintura.

Meta 9.4.3 Utilización del equipo de protección para ojos, manos y ropa del personal en el área de producción al menos del 50% del personal.

## Paso 9. Identificación de causas

En esta etapa se busca especificar por medio del diagrama de Ishikawa los diferentes riesgos que están expuestos los trabajadores durante el proceso de producción, por medio de los siguientes riesgos:

### 9.1 Riesgos ergonómicos

En la figura 12, referente a las causas de los riesgos ergonómicos, determina:

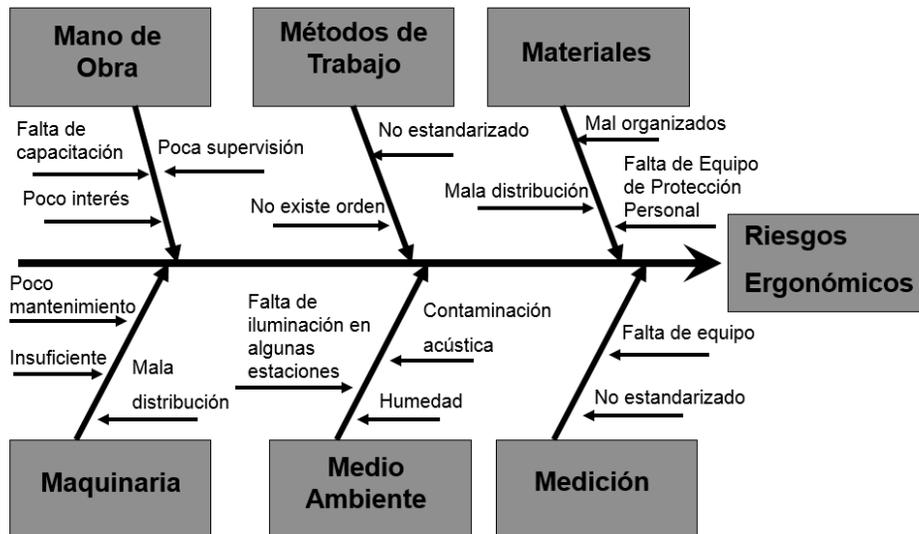


Figura 12. Diagrama Ishikawa de riesgos ergonómicos

Fuente: Elaboración Propia

a) Mano de obra: Los trabajadores tienen falta de capacitación ya que no cuentan con una formal, solo es por medio de la observación de sus compañeros. En algunas

actividades/ocasiones tienen poco interés en realizarla. Poca supervisión por medio del jefe de taller, ya que solamente cuando lo requiere para alguna actividad específica es cuando solicita su ayuda, no existe inspección constante de las actividades.

b) Métodos de trabajo: No existe alguna metodología específica para realizar las diferentes actividades, por lo tanto, no se encuentra estandarizado el proceso productivo. No existe orden en realizar las actividades para las diferentes piezas del compresor, cada trabajador comienza y continúa con las piezas que guste.

c) Materiales: Mala distribución en algunas estaciones de trabajo, la gran mayoría de las herramientas de trabajo están mal organizadas y no cuentan con algún lugar definido, existe falta de equipo de protección personal para algunas actividades delimitadas dentro del proceso productivo.

d) Maquinaria: Cuenta con poco mantenimiento, prácticamente solo se revisa cuando falla, existe mala distribución dentro de la planta ya que se encuentran algunas muy separadas de otras y específicamente con la grúa móvil es insuficiente.

e) Medio Ambiente: Durante las actividades productivas, se daña al medio ambiente y puede provocar riesgos de salud al trabajador ya que se encuentran algunas estaciones de trabajo sin la suficiente iluminación, incluyendo la contaminación acústica por altos niveles de ruido y el factor humedad.

f) Medición: Para realizar diferentes tipos de estudios dentro de la empresa, como son ambientales, ergonómicos, físicos, no se cuenta con los instrumentos necesarios, por lo que existe falta de equipo y no se cuenta con algún tipo de estudios ya estandarizados.

## **9.2 Ruido**

En la figura 13, referente al ruido, se muestra:

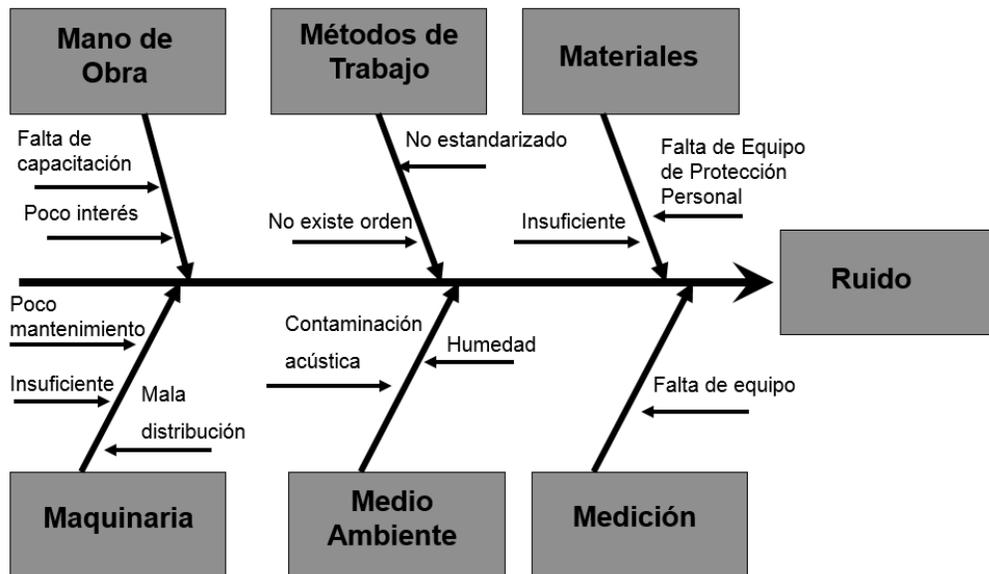


Figura 13. Diagrama Ishikawa de ruido

Fuente: Elaboración Propia

- a) Mano de obra: Los trabajadores tienen falta de capacitación referente al daño causado por el ruido, la manera en que debe de utilizar las herramientas para procurar realizar la actividad eficientemente.
- b) Método de trabajo: Las actividades que se realizan con las herramientas que generan ruido se encuentran no estandarizadas, por lo que no tienen una metodología en la cual realicen la actividad correctamente en el menor tiempo posible.
- c) Materiales: Existe falta de equipo de protección personal para el trabajador en el cual pueda protegerse del ruido, añadiendo que existe insuficiente material auxiliar para ayudar a disminuir el ruido.
- d) Maquinaria: Mala distribución en la maquinaria ya que se encuentran en algunas ocasiones muy pegadas unas con otras, en algunas existe poco mantenimiento constante lo que genera ruido en su funcionamiento, existe insuficiente equipo que complementa al existente.
- e) Medio Ambiente: El exceso de uso de las herramientas que generan ruido produce una contaminación acústica alrededor de la empresa y la humedad que afecta las diferentes herramientas y maquinarias.
- f) Medición: Falta de equipo para medir el ruido producido por los trabajadores y la maquinaria.

### 9.3 Riesgos Químicos

En la figura 14, referente a las causas de los riesgos químicos se establece:

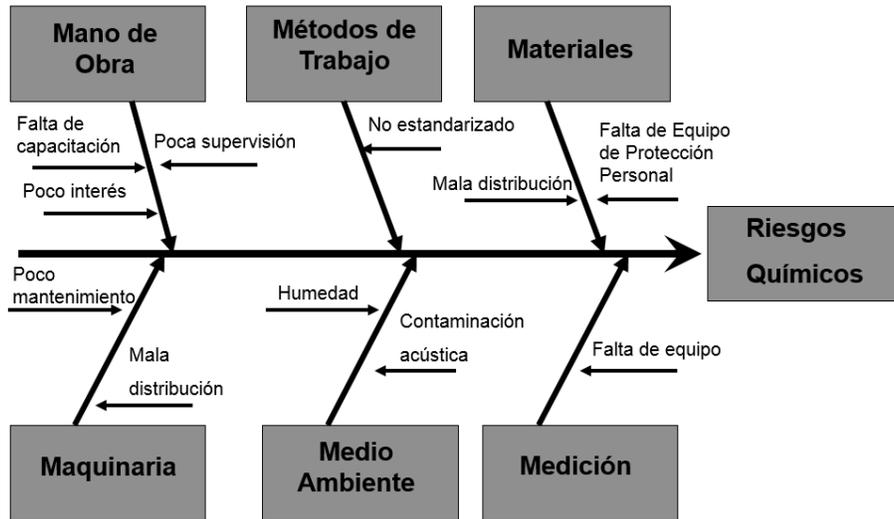


Figura 14. Diagrama Ishikawa de riesgos económicos

Fuente: Elaboración Propia

- a) Mano de obra: Falta de capacitación con referente a temas de riesgos químicos, por lo que genera poco interés en el trabajador y los encargados no realizan las supervisiones necesarias para realizar actividades de contingencia.
- b) Métodos de trabajo: Al no tener estandarizado la metodología, los trabajadores están más expuestos a los diferentes tipos de riesgos químicos.
- c) Materiales: Falta de equipo de protección personal adecuado para prevenir y/o eliminar los diferentes tipos de riesgos químicos, la mala distribución de los materiales aumenta el riesgo de los trabajadores.
- d) Maquinaria: El poco mantenimiento de la maquinaria al igual que no verificar su óptimo funcionamiento aumenta la posibilidad de generar riesgo en los trabajadores y la mala distribución de algunas de ellas aumenta la posibilidad de que más trabajadores sean afectados.
- e) Medio Ambiente: Durante las actividades productivas, se daña al medio ambiente y puede provocar riesgos de salud al trabajador por la contaminación acústica además de la humedad.
- f) Medición: Falta de equipo para monitorear los diferentes tipos de riesgos químicos que están expuestos los trabajadores.

## **Paso 10. Planteamiento de opciones de producción más limpia**

En esta etapa se busca mejorar la eficiencia de cada operación mediante diferentes opciones de optimización de los recursos, por lo que se analizará a detalle cada uno de ellas en las áreas de ergonomía, sonido, luz y complementarlos con recomendaciones generales. En esta etapa se realizó una lluvia de ideas para encontrar la solución para cada problema, las cuales son:

### **10.1 Opciones Ergonómicas**

En la tabla 12, se analizan las opciones de mejora ergonómicas para los trabajadores, las cuales se muestran:

**Tabla 12. Opciones Ergonómicas**

<b>Opciones Ergonómicas</b>	<b>Número de Opción</b>
La adquisición de una grúa	01
Modificación del control de la grúa	02
Modificación de la altura de la mesas en las estaciones de trabajo	03
Modificación del contenedor de lavado final	04
Aplicación del método 5S	05
La adquisición de descansa pies	06
Adaptar fixture en mesa de desarme	07
Colocar una base fija para el compresor	08

Fuente: Elaboración Propia

### **10.2 Opciones para el Ruido**

En la tabla 13, se analizan las opciones de mejora para ruido en las instalaciones, las cuales se muestran:

**Tabla 13. Opciones para Ruido**

<b>Opciones para Ruido</b>	<b>Número de Opción</b>
Adquisición de nuevo equipo en pistolas de aire	09
Utilizar equipo de protección para el oído	10
Distribución adecuada de los equipos en las estaciones de trabajo	11

Fuente: Elaboración Propia

### 10.3 Opciones Iluminación

En la tabla 14, se analizan las opciones de iluminación en las instalaciones, las cuales se muestran:

**Tabla 14. Opciones para iluminación**

Opciones de Iluminación	Número de Opción
Instalación de focos ahorradores de energía eléctrica	12
Utilización de equipo de iluminación personal en el área de prueba de fuga	13
Modificar layout	14

Fuente: Elaboración Propia

### 10.4 Opciones para Químicos

En la tabla 15, se analizan las opciones químicas en las instalaciones, las cuales se muestran:

**Tabla 15. Opciones para Químicos**

Opciones Químicas	Número de Opción
Crear área de limpieza de tóxicos líquidos en área de pintura	15
Contratar a una empresa de gestión de residuos	16
Capacitar a los trabajadores sobre los riesgos para la salud humana	17
Utilizar equipo de protección para ojos	18
Utilizar equipo de protección para manos	19
Utilizar equipo de protección para ropa	20

Fuente: Elaboración Propia

## Paso 11. Evaluación de las opciones

En este paso se realizará una selección de las opciones más viables para la implementación del programa de PML.

En la tabla 16, opciones preliminares de evaluación, se clasificarán las opciones de PML en tres categorías:

- Implementación directa: Son las opciones simples y obvias que se pueden implementar de inmediato, sus resultados ofrecen beneficios reales y tangibles en un corto periodo de tiempo.

- Requiere mayor análisis: Son las opciones técnica y/o económicamente más complejas, la decisión de aplicarlas requeriría un examen de factibilidad económica y ambiental.

**Tabla 16. Opciones preliminares de evaluación**

Número de Opción de mejora	Implementación Directa	Requiere Mayor Análisis
01		X
02	X	
03		X
04		X
05	X	
06		X
07		X
08		X
09		X
10		X
11	X	
12		X
13		X
14	X	
15	X	
16		X
17	X	
18		X
19		X
20		X

Fuente: Elaboración Propia

#### **Etapas 4: Diagnóstico- Evaluación**

##### **Paso 12. Evaluaciones técnicas, medio ambientales y económicas**

En esta paso se evaluaron los diferentes tipos de evaluación técnica, económica y medio ambiental, las cuales se detallan a continuación:

##### **12.1 Evaluación Técnica**

La evaluación técnica se detalla en la tabla 17, la cual muestra los requerimientos técnicos y el impacto de cada una de las opciones, mostrando lo siguiente:

- a) Requerimiento Técnico:
  - Requerimiento del equipo necesario para llevar a cabo cada opción.
  - Instrumentos/Accesorios: Es el complemento de los requisitos del equipo.
  - Mano de Obra: Lo que necesita los trabajadores para llevar a cabo la opción, ya sea capacitación, colaboración externa, etc.

- Espacio: Si el establecimiento cuenta con el espacio territorial necesario.
  - Tecnología: Si el establecimiento cuenta con la tecnología requerida o puede contar con ella.
- b) Impacto:
- Tasa de Producción: La cual aumenta o se mantiene igual con la implementación.
  - Calidad de Producción: La cual aumenta o se mantiene igual con la implementación.
  - Flexibilidad Operativa: Si la empresa cuenta con la inversión requerida para la implementación.
  - Mantenimiento: Si la implementación requiere algún mantenimiento o se mantiene igual.
  - Seguridad: Si la implementación aumenta la seguridad para el trabajador.
- c) Ponderación:

Es el número de elementos que interactúan en beneficio para la empresa.

**Tabla 17. Evaluación Técnica**

Número Opción	Requerimientos Técnicos					Impacto (+/0/-)					Ponderación
	Requisito Equipo	Instrumentos /Accesorios	Mano de Obra	Espacio	Tecnología	Tasa de Producción	Calidad de Producción	Flexibilidad Operativa	Mantenimiento	Seguridad	
01	Grúa	n/a	n/a	Sí	Sí	+	+	+	+	+	7
03	Mesas	n/a	Sí	Sí	Sí	+	+	+	n/a	+	7
04	Contenedor	n/a	Sí	Sí	Sí	+	n/a	+	n/a	+	6
06	Descansa Pies	n/a	n/a	Sí	n/a	+	n/a	+	n/a	+	4
07	Fixture	n/a	Sí	Sí	n/a	+	+	+	n/a	+	6
08	Base	n/a	Sí	Sí	Sí	+	n/a	+	n/a	+	6
09	Equipo Moderno	n/a	n/a	Sí	Sí	+	n/a	0	+	+	5
10	EPP oído	n/a	n/a	Sí	Sí	+	n/a	+	n/a	+	5
12	Focos	n/a	n/a	Sí	Sí	+	+	0	+	+	6
13	Equipo Iluminación	n/a	n/a	Sí	Sí	+	+	+	n/a	+	6
16	Contratar Servicio	n/a	n/a	n/a	Sí	0	+	+	n/a	+	4
18	EPP Ojos	n/a	Sí	Sí	Sí	+	n/a	+	n/a	+	6
19	EPP Manos	n/a	Sí	Sí	Sí	+	n/a	+	n/a	+	6
20	EPP Ropa	n/a	Sí	Sí	Sí	+	n/a	+	n/a	+	6

Fuente: Elaboración Propia

## 12.2 Evaluación Ambiental

La evaluación ambiental se detalla en la tabla 18, la cual muestra los requerimientos al medio ambiente a través del proceso productivo y el impacto de cada una de las opciones, mostrando lo siguiente:

a) Aire:

- La intervención de nivel de gases durante la actividad, esta sección evaluará si ayudará a reducir o no la opción de implementación.
- El nivel de partículas en el aire durante la actividad se verificará si la opción reduce dicho nivel o no.
- En el nivel de ruido se indica si la opción de implementación lo reduce o se mantiene igual.

b) Agua:

- Se indica si la opción de implementación aumenta o mantiene igual el uso eficiente del agua.
- Se indica si la opción aumenta o mantiene igual el reciclaje del agua.

c) Riesgos al trabajador: Se indica si se reduce o se mantiene igual en cada una de las opciones de implementación.

d) Desechos Sólidos: Se indica si la opción de implementación reduce o mantiene igual la cantidad utilizada en el proceso productivo.

e) Impacto General:

- Bajo: Aquella opción que cumpla de 1 a 2 casillas.
- Mediano: Aquella opción que cumpla de 3 a 4 casillas.
- Alto: Aquella opción que cumpla 5 o más casillas.

f) Ponderación:

Es el número de elementos que interactúan en beneficio para la empresa.

**Tabla 18. Evaluación Ambiental**

Número Opción	Impacto (+/0/-)								Ponderación
	Aire			Agua		Disminución Riesgos al trabajador	Disminución Desecho Sólidos	Impacto General	
	Disminución Emisión Gases	Disminución Partículas	Disminución Nivel de ruido	Uso eficiente	Reciclaje				
01	n/a	n/a	+	n/a	n/a	+	n/a	Bajo	2
03	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	+	n/a	Bajo	1
04	n/a	n/a	n/a	+	+	+	n/a	Mediano	3
06	n/a	n/a	+	n/a	n/a	+	n/a	Bajo	2
07	n/a	n/a	+	n/a	n/a	+	n/a	Bajo	2
08	n/a	n/a	+	n/a	n/a	+	n/a	Bajo	2
09	n/a	n/a	+	n/a	n/a	+	n/a	Bajo	2
10	n/a	n/a	+	n/a	n/a	+	n/a	Bajo	2
12	+	n/a	n/a	n/a	n/a	+	n/a	Bajo	2
13	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	+	n/a	Bajo	1
16	+	n/a	n/a	n/a	+	+	+	Alto	5
18	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	+	n/a	Bajo	1
19	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	+	n/a	Bajo	1
20	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	+	n/a	Bajo	1

Fuente: Elaboración Propia

### 12.3 Evaluación Económica

La evaluación económica se detalla en la tabla 19, los cuales se muestra el costo aproximado en pesos moneda nacional de cada opción, en los comentarios se detalla la razón por la cual se considera dicho costo. La ponderación se determina por 3 etapas, dependiendo de la cantidad de inversión: baja de \$0 a \$1,000; moderada de \$1,000 a \$50,000 y alta más de \$50,000. Se muestra a continuación:

**Tabla 19. Evaluación Económica**

Número de Opción	Costo en Pesos MXN	Comentarios	Ponderación
01	64,852.12	Incluye instalación	Alta
03	No requiere	Cuenta con equipo y personal	Baja
04	No requiere	Cuenta con equipo y personal	Baja
06	4,680	180 el de 90 cm x 90 cm estimado de 26	Moderada
07	No requiere	Cuenta con equipo y personal	Baja
08	No requiere	Cuenta con equipo y personal	Baja
09	120,678	17,240 por pistola de aire, se recomiendan 7. Valor de 1,044.83 dólares cada una.	Alta
10	400	200 el paquete de 10 tapones, se recomiendan comprar 20.	Baja
12	11,200	1,600 por unidad, se recomiendan 7 unidades.	Moderada
13	320	Se recomienda 1 para esa área específica.	Baja
16	2,860 / mes		Moderada
18	220	110 paquete con 10 lentes, se recomiendan 20 lentes	Baja
19	3,240	180 par de guantes, se recomienda a 18 personas	Moderada
20	No requiere	Cuenta con el equipo	Baja

Fuente: Elaboración Propia

## 12.4 Evaluación General

La evaluación general se detalla en la tabla 20, en cada opción de mejora se muestran las ponderaciones de las 3 evaluaciones: técnica, ambiental y económica, adquiriendo de resultado una ponderación total, obteniendo las mejores opciones.

**Tabla 20. Evaluación General**

Opciones de mejora	Número de Opción	Evaluación Técnica	Evaluación Ambiental	Evaluación Económica	Total Ponderación	Orden Prioridad
La adquisición de una grúa	01	7	2	Alta	9	1º
Modificación de la altura de la mesas en las estaciones de trabajo	03	7	1	Baja	8	2º
Modificación del contenedor de lavado final	04	6	3	Baja	9	1º
La adquisición de descansa pies	06	4	2	Moderada	6	4º
Adaptar fixture en mesa de desarme	07	6	2	Baja	8	2º
Colocar una base fija para el compresor	08	6	2	Baja	8	2º
Adquisición de nuevo equipo en pistolas de aire	09	5	2	Alta	7	3º
Utilizar equipo de protección para el oído	10	5	2	Baja	7	3º
Instalación de focos ahorradores de energía eléctrica	12	6	2	Moderada	8	2º
Utilización de equipo de iluminación personal en el área de prueba de fuga	13	6	1	Baja	7	3º
Contratar a una empresa de gestión de residuos	16	4	5	Moderada	9	1º
Utilizar equipo de protección para ojos	18	6	1	Baja	7	3º
Utilizar equipo de protección para manos	19	6	1	Moderada	7	3º
Utilizar equipo de protección para ropa	20	6	1	Baja	7	3º

Fuente: Elaboración Propia

## **Etapas 5: Implementación, Seguimiento y Evaluación Final**

### **Paso 13. Implementar las opciones factibles recomendadas**

#### **13.1 Aspectos ergonómicos**

##### **13.1.1 Adquisición de una grúa**

La instalación de una grúa/gancho extra en el área de producción, aparte de aumentar la producción y disminuir los tiempos de espera de los trabajadores, proporciona una mejora en el aspecto ergonómico ya que se utiliza para transportar algunas piezas que antes se utilizaban otros medios de transporte.

En la figura 15 se muestra que al principio del estudio solo se contaba con una grúa. En la figura 16 se observa que ya se instaló una segunda grúa. En la figura 17, se muestra la factura de la compra e instalación de la grúa.



**Figura 15. Una grúa al principio del Programa de P+L**

Fuente: Elaboración Propia



**Figura 16. Dos grúas recomendadas en el Programa de P+L**

Fuente: Elaboración Propia





**Figura 18. Control de grúa posición incorrecta**

Fuente: Elaboración Propia



**Figura 19. Control de grúa posición correcta**

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 21 se muestran los resultados ergonómicos después de las implementaciones: adquisición de una grúa y modificación de la posición de la altura del control de la grúa, en donde se puede observar que tuvo impacto especialmente en los riesgos de factor de carga normal y moderada, movimiento de tronco corporal, movimientos con brazos

extendidos y manos debajo de rodillas. Los resultados son basados en el hecho de que la grúa está disponible para utilizarla en el proceso de cada parte del compresor.

**Tabla 21. Resultados después de implementación: adquisición de grúa y modificación en la posición de altura del control de la grúa.**

Estación de Trabajo	Resultados (El número indica la cantidad de veces que se realizó dicha actividad)
Desarme:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Factor de carga normal *: 51</li> <li>• Movimientos con brazo extendidos: 3</li> <li>• Manos debajo de rodillas: 4</li> <li>• Mala distribución de estaciones, caminar excesivo: 2</li> <li>• Movimiento de tronco corporal: 1</li> <li>• Uso de fuerza excesiva: 1</li> </ul>
Cuerpo:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Movimientos con brazo extendidos: 21</li> <li>• Factor de carga normal: 9</li> <li>• Movimiento de tronco corporal: 2</li> <li>• Manos debajo de rodillas: 2</li> <li>• Mala distribución de estaciones, caminar excesivo: 1</li> </ul>
Tapas:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Factor de carga moderada **: 7</li> <li>• Manos debajo de rodillas: 2</li> <li>• Movimientos con brazo extendidos: 3</li> <li>• Mala distribución de estaciones, caminar excesivo: 1</li> </ul>
Rotor:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Factor de carga moderada: 10</li> <li>• Manos debajo de rodillas: 2</li> <li>• Mala distribución de estaciones, caminar excesivo: 3</li> </ul>
Cigüeñal:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Movimiento de tronco corporal: 3</li> <li>• Mala distribución de estaciones, caminar excesivo: 2</li> </ul>
Tornillos:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Movimientos con brazo extendidos: 3</li> <li>• Movimiento de tronco corporal: 2</li> <li>• Manos debajo de rodillas: 1</li> <li>• Factor de carga moderada: 2</li> </ul>
Pistones:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Movimientos con brazo extendidos: 1</li> </ul>
Embobinado:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Factor de carga normal: 12</li> <li>• Mala distribución de estaciones, caminar excesivo: 3</li> <li>• Manos debajo de rodillas: 1</li> </ul>
Rectificador de Platos:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Movimientos con brazo extendidos: 8</li> <li>• Mala distribución de estaciones, caminar excesivo: 6</li> <li>• Movimiento de tronco corporal: 4</li> <li>• Manos debajo de rodillas: 1</li> <li>• Uso de fuerza excesiva: 1</li> </ul>
Maquinado- Bridas:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mala distribución de estaciones, caminar excesivo: 3</li> <li>• Factor de carga moderada: 2</li> </ul>
Ensamble:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Factor de carga normal: 35</li> <li>• Movimientos con brazo extendidos: 6</li> <li>• Mala distribución de estaciones, caminar excesivo: 2</li> <li>• Manos debajo de rodillas: 1</li> </ul>
Prueba de funcionamiento:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Movimientos con brazo extendidos: 12</li> <li>• Factor de carga moderada: 3</li> <li>• Mala distribución de estaciones, caminar excesivo: 3</li> <li>• Movimiento de tronco corporal: 1</li> </ul>
Prueba de Fuga:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Movimientos con brazo extendidos: 4</li> <li>• Mala distribución de estaciones, caminar excesivo: 2</li> </ul>
Pintura:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Movimientos con brazo extendidos: 23</li> <li>• Mala distribución de estaciones, caminar excesivo: 7</li> <li>• Manos debajo de rodillas: 3</li> <li>• Factor de carga moderada: 3</li> <li>• Movimiento de tronco corporal: 1</li> </ul>
Etiquetado y Embalaje:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Manos debajo de rodillas: 6</li> <li>• Movimientos con brazo extendidos: 3</li> <li>• Mala distribución de estaciones, caminar excesivo: 1</li> </ul>
Nota: * Factor de carga normal: Es la cantidad de peso menor o igual a 2 kg. ** Factor de carga moderada: Es la cantidad de peso mayor a 2 kg hasta 4 kg.	

Fuente: Elaboración Propia.

### 3.1.3 Modificación en agarres de tina en el área de lavado en caliente

En el área de lavado en caliente, está compuesto de tinajas donde se colocan diferentes tipos de piezas del compresor de aire, en la figura 20 se muestra las condiciones de los agarres de dichas tinajas antes del Programa de P+L, los cuales se componen de artefactos rústicos, los cuales pueden ocasionar diferentes riesgos para los trabajadores. En la figura 21, se observa que se modificaron los agarres con materiales sólidos, los cuales brindan mayor seguridad a los trabajadores.



**Figura 20. Condición anterior en agarres de tina**

Fuente: Elaboración Propia



**Figura 21. Condición actual en agarres de tina**

Fuente: Elaboración Propia

### 13.1.4 Aplicación del método 5S, en el área de pintura

En la figura 22, se muestra como se encontraba el área de pintura antes del Programa de P+L, en el cual se puede observar que no existía orden en la colocación de los materiales utilizados en el área. En la figura 23, se observa que se adaptó un estante para la colocación de los materiales, dar una mejor organización y orden al área de pintura.



**Figura 22. Condición anterior en el área de pintura**

Fuente: Elaboración Propia



**Figura 23. Condición actual en el área de pintura**

Fuente: Elaboración Propia

## **13.2 Aspectos para Sustancias Químicas**

### **13.2.1 Contratación de empresa recolectora de residuos peligrosos y no peligrosos**

La empresa tomo la decisión de contratar a un proveedor para tener una mejor disposición final de los residuos generados, en este caso, acerca de los residuos peligrosos, dentro de las instalaciones se encuentra un área exclusiva para el almacenamiento del agua contaminada con los diferentes químicos utilizados en el proceso, dicho proveedor cuenta con el equipo y la capacidad necesaria para ofrecer de manera segura la disposición final de dicho residuo. Los servicios ofrecidos por la empresa son los siguientes: Sólidos impregnados, lodos contaminados, agua residual, envases y aceite residual. En la figura 24 se muestra el contrato formal con la empresa y los servicios que otorga, mientras en la figura 25 se observa el manifiesto de entrega, transporte y recepción de residuos peligroso de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT).

**CONTRATO**



RECOLECTORA DE DESECHOS Y RESIDUOS KING KONG, S.A. DE C.V.  
 Calle del Plomo # 33-B  
 Parque Industrial C.P. 83299  
 RDR851221138  
 Tel. 251 00 06, 251 03 17  
 www.pasa.mx Contact Center 01-800-1800-436

CONTRATO No.   
 RECOLECCION DE RESIDUOS PELIGROSOS

Nombre comercial: CPR Compresores  
 Razón Social: CPR COMPRESORES SA DE CV  
 Giro del Cliente: Comercial R.F.C. CCO81118703  
 Dirección fiscal: De las Volcanes 28 Ahuacachi Huamantla Tlaxcala C.P. 83290  
 Dirección de servicios: De las Volcanes 28 Ahuacachi Huamantla Tlaxcala C.P. 83290  
 Latitud: \_\_\_\_\_ Longitud: \_\_\_\_\_

**RESIDUOS A MANEJAR**

Descripción (Nombre del Residuo y características CRETID)	Unidad	Estimado Mensual	Precio Unitario
<u>Sólidos Inorgánicos</u>	<u>1</u>	<u>Ton</u>	<u>600</u>
<u>Sólidos Contaminados</u>	<u>1</u>	<u>Ton</u>	<u>1300</u>
<u>Agua Residual</u>	<u>1</u>	<u>Ton</u>	<u>300</u>
<u>Chungos</u>	<u>1</u>	<u>Ton</u>	<u>630</u>
<u>Aceite Residual</u>	<u>1</u>	<u>Ltr</u>	<u>170</u>

\* Precios máx. LMA

Instrucciones sobre el servicio y firma del manifiesto: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

Procedimiento para revisión y pago de facturas: Requiere orden de compra SI  NO

Contacto para Pagos: Rosaura Gonzalez E-mail: rosaura@prcompresores.com  
 Teléfono: 2504455 Dirección: De las Volcanes 28 Ahuacachi

Días de revisión: Cualquier día (Miércoles) Horario: 7-1 pm  
 Días de pago: Miércoles Horario: 7-1 pm  
 Descripción del proceso de pagos: Transferencia

<b>CLIENTE</b>	<b>FIRMA</b>	<b>PRESTADOR</b>
Nombre: <u>Rosaura Gonzalez</u>	Nombre: _____	Nombre: _____
Fecha: <u>02 / 01 / 2015</u> <small>    Día        Mes        Año</small>	Lugar: _____	Lugar: _____
Contrato <input type="checkbox"/>	R.F.C. <input type="checkbox"/>	Croquis <input type="checkbox"/>
1. Original - Archivo	2. Rosa - Cliente	3. Azul - Ventas

Figura 24. Contrato formal con la empresa recolectora de residuos peligrosos  
 Fuente: Elaboración Propia



### 13.2.1 Crear área de limpieza recipientes de tóxicos líquidos en área de pintura

En la figura 26 se muestra un área creada para la limpieza de tóxicos líquidos, más específicamente para la limpieza de los recipientes de las sustancias químicas utilizadas en el área de pintura de la empresa. Una vez que se realiza la actividad de limpieza de los objetos, tiene un recolector de dichas sustancias toxicas, el cual cuenta con un tubo que está conectado al área de almacenamiento de residuos líquidos peligrosos.



**Figura 26. Área de limpieza de recipientes de tóxicos líquidos.**

Fuente: Elaboración Propia

### Paso 14. Evaluación de las implementaciones

En este paso, se analiza los avances realizados en los objetivos y metas mencionadas anteriormente, verificando el porcentaje del avance obtenido en el área de implementación, así como las observaciones en cada una de ellas, las cuales se muestran en la tabla 22:

**Tabla 22. Evaluación de los objetivos y metas**

Objetivo	Meta	Implementación (%)	Observaciones
<b>1 Objetivos Riesgos Ergonómicos.</b> Prevenir, eliminar y/o reducir los riesgos ergonómicos durante el procedimiento de re-manufactura de compresores.	Meta 1.1 Adquisición de una grúa para aumentar la producción, así como eliminar y/o reducir los movimientos de carga para los trabajadores.	100%	Se encuentra instalada y en uso.
	Meta 1.2 Modificación de la altura del control de la grúa para reducir el riesgo de lesión de hombros en los trabajadores.	100%	Se realizó la modificación, aplicándose actualmente.
	Meta 1.3 Modificar el contenedor del área de lavado final con el fin de reducir riesgos de lesión en espalda de los trabajadores.	10%	No ha disminuido la producción, por lo que aún no se realiza.
	Meta 1.4 Modificar la altura, en al menos 2 mesas en estaciones de trabajo, con el fin de reducir riesgos de lesión en brazos de los trabajadores.	100%	Se ha realizado en el área de diagnóstico y desarme.
	Meta 1.5 La adquisición de descansa pies, en al menos el área más crítica del área de producción.	100%	Se ha realizado en el área de diagnóstico y desarme.
<b>2 Objetivos Riesgos de Sonido.</b> Prevenir, eliminar y/o reducir los riesgos de sonido durante el procedimiento de re-manufactura de compresores.	Meta 2.1 Utilización del equipo de protección auditiva para el personal en el área de producción al menos en el área de: lavado y secado, enjuague y secado.	100%	Se le entrego a cada trabajador, solo que no todos la utilizan, tienen resistencia al cambio.
<b>3 Objetivos Riesgos de Iluminación.</b> Prevenir, eliminar y/o reducir los riesgos de iluminación durante el procedimiento de re-manufactura de compresores.	Meta 3.1 Realizar que el área de prueba de fuga cumpla con los niveles de iluminación necesarios para cumplir con dicha actividad, eliminando el riesgo al personal en dicha actividad.	10%	Se encuentra en proceso de adquisición para su instalación.
<b>4 Objetivo Riesgos por Sustancias Químicas.</b> Prevenir, eliminar y/o reducir los riesgos de sustancias químicas durante el procedimiento de re-manufactura de compresores.	Meta 4.1 Contratar a una empresa de gestión de residuos.	100%	Se encuentra realizando sus labores.
	Meta 4.2 Crear área de limpieza de tóxicos líquidos en área de pintura.	100%	Se encuentra en uso.
	Meta 4.3 Utilización del equipo de protección para ojos, manos y ropa del personal en el área de producción al menos del 50% del personal.	100%	Se le entrego a cada trabajador, solo que no todos la utilizan, tienen resistencia al cambio.

Fuente: Elaboración Propia

### **Paso 15. Asegurar la continuidad del programa**

Para dar continuidad al programa de PML, el Comité de PML de la empresa debe analizar los siguientes puntos recomendados:

- Deben identificar las áreas de oportunidad asociadas a las implementaciones realizadas, buscando alternativas de solución sustentables.
- Efectuar las implementaciones de las recomendaciones hechas al comité que aún no han sido realizadas.
- Tener un régimen de seguridad de los trabajadores más estricto, especialmente al uso del equipo de protección personal.
- Realizar periódicamente mediciones correspondientes de iluminación, ruido, al igual que estudios de ergonomía.
- Actividades de planificación y desarrollo técnico sobre mantenimiento, adquisición, estudios de nuevos productos para mejorar la seguridad y disminuir el impacto al medio ambiente.
- Motivar tanto a la Gerencia General como a los empleados para dar seguimiento a estas actividades y asumir la responsabilidad de coordinar el Programa de PML.
- Es responsabilidad de la empresa brindar la continuidad requerida al programa, al igual que las implementaciones sugeridas.

## VII. DISCUSIÓN

En esta tesis se muestra un programa de Producción más Limpia, con resultados relevantes para prevenir, eliminar y/o reducir riesgos ocupacionales y ambientales en una empresa de re-manufactura de compresores en Hermosillo, Sonora.

La Producción más Limpia en el proceso productivo involucra la conservación de los materiales y energía, teniendo como punto importante el “tiempo”, ya que cuenta con una filosofía de “anticipo y prevención” (Dandira, Mugwindiri & Chikuku 2012). De este modo, se realizó el diagnóstico de: ergonomía, ruido, iluminación y sustancias tóxicas. Por otro lado, la aplicación exitosa del programa de Producción más Limpia depende de una adecuada administración, mantenimiento, infraestructura y entrenamiento de personal (Nowosielski, Babilas & Pilarczyk 2007).

En el análisis del proceso de re-manufactura de compresores se identificaron los movimientos peligrosos para los trabajadores, como por ejemplo, en el uso del control de la grúa, los trabajadores realizan movimientos de brazo extendido por encima del hombro, lo cual se logró prevenir ajustando la altura del control de la grúa. Lo cual corrobora lo descrito por Kovačević, Brnada & Šabarić (2013) que el método MODAPTS mejora la eficiencia del trabajo, así como la producción disminuyendo actividades innecesarias, ayudando a reducir riesgos de lesiones, estrés, trabajo pesado, movimientos dolorosos y cíclicos, contribuyendo a la satisfacción del trabajador.

Por otra parte, Martínez et al. (2012) afirman que el desconocer la prevalencia de enfermedad y/o cambios fisiopatológicos asociados a la exposición al ruido, es cerrar la posibilidad de impactar en un amplio espectro de enfermedades relacionadas con este fenómeno muchas veces subvalorado. Dicha situación parece estar reflejando en la empresa participante ya que, aunque los trabajadores tienen la percepción que el nivel de ruido generado se encuentra en niveles adecuados, se observan en los resultados que no es así, los trabajadores tienen un alto nivel de resistencia al cambio, ignorando el daño que se puede ocasionar por el exceso de ruido.

Para prevenir riesgos por exceso de ruido en los trabajadores, existen técnicas de control de ruido que pueden clasificarse en las siguientes categorías: en la fuente, en la vía de transmisión y uso de medidas protectoras en el receptor (Yamile et al. 2004). Una vez que los trabajadores y la alta administración conocieron los niveles de ruido, el 50% empezó a utilizar el equipo de protección personal, ayudando a transmitir dicha conciencia a sus compañeros por medio de comunicación verbal entre ellos.

De acuerdo a Van Bommel y Van den Beld (2004) aparte de las ventajas para la salud y el bienestar para los mismos trabajadores, una buena iluminación da lugar a un mejor rendimiento en el trabajo, menos errores o rechazos y mayor seguridad. En la empresa, hay áreas de producción que su fuente de iluminación es directamente la luz solar, como el área de ensamble. Sin embargo, Párraga (2003) observa que el trabajo en una planta manufacturera se encuentra que muchas veces se realizan esfuerzos innecesarios porque los diseñadores de puestos se enfocan en la eficiencia mecánica y técnica del proceso productivo más que en las capacidades y limitaciones del hombre que interactúa con los equipos o el proceso. En este caso, una vez realizado el estudio de iluminación, se encontró que el área prueba de fuga es la que requiere más atención, puesto que es un área de trabajo de gran enfoque visual, la iluminación está muy por debajo de lo que se requiere, teniendo 82.7 de 200 lux, siendo un área de oportunidad de mejora.

Los productos químicos son también un elemento importante a tener en cuenta. Se encontraron varias sustancias químicas que plantean riesgos potenciales para la salud, como es el caso de los disolventes que a veces se manejan inadecuadamente debido a los métodos ignorancia o deficientes (Torres et al. 2008). Los trabajadores los desconocían, por lo cual, se les informó inmediatamente, a partir de ese momento, algunos de ellos empezaron a utilizar el equipo de protección personal adecuado. Con respecto al mantenimiento y distribución de las sustancias químicas, se contrató a una empresa para la disposición final de las mismas, dando protección y seguridad tanto a los trabajadores como a la comunidad alrededor de la empresa.

A lo largo de esta tesis, en las diferentes áreas de producción se encontraron diferentes áreas de oportunidad en ergonomía, iluminación, ruido y en las sustancias químicas utilizadas, a través del programa de sustentabilidad basado en el enfoque de producción más limpia se diagnosticaron, analizaron y realizaron acciones de implementación para prevenir, eliminar y/o reducir los riesgos ocupacionales y ambientales.

El programa de producción más limpia realizado en la empresa se vio reflejado en la actitud de los trabajadores y la alta administración, al tener en cuenta los diferentes tipos de riesgos en las áreas de trabajo, conociendo los diferentes tipos adecuados de protección personal, un cambio en las estaciones de trabajo para una mayor efectividad y producción, cambios positivos en la metodología del trabajo al igual que ya se cuenta con formalmente con los movimientos correctos y necesarios para cada actividad, un lugar de trabajo más organizado y seguro con los residuos generados, ya que se cuenta con la disposición final de las sustancias químicas.

## VIII. CONCLUSIONES

En esta investigación se puede concluir que en el proceso de remanufactura de compresores de aire existen diferentes tipos de riesgos ocupacionales y ambientales para la salud de los trabajadores y de la comunidad, en la mayoría de los casos, la alta administración y los mismos trabajadores no habían tomado la importancia debida, al igual que la comunidad que lo rodea tiene ignorancia de los peligros y riesgos.

En el aspecto ergonómico se definieron los diferentes tipos de riesgos en el proceso, al igual que sus cantidades de repetición en cada área, los movimientos más peligrosos frecuentes, su manera de prevenirlos y/o eliminarlos, teniendo en cuenta que el factor influyente son las instalaciones, la altura de las mesas, la distribución de los equipos y materiales.

El aspecto físico: ruido, la mayoría de los trabajadores ignoran el riesgo ocasionado por los niveles de dB, al igual que la cantidad exacta con la que trabajan, por lo que no utilizan el equipo de protección personal, teniendo una gran resistencia a utilizarlo.

Al aspecto físico: iluminación, una parte del proceso de producción se realiza con iluminación natural, por lo que le restan importancia a la iluminación artificial, descuidando áreas y zonas pocas iluminadas que no cumplen con las normas, los trabajadores desconocen el nivel de iluminación necesarios para cada área, por lo que no se dan cuenta cuando están forzando la vista en operaciones claves como la detección de fugas en el compresor.

En el aspecto químico, se puede observar un gran avance en este aspecto a través de la investigación, con la contratación de la empresa recicladora, la creación del área de pintura. Se investigó a fondo cada sustancia química y los elementos que lo contienen, para conocer los riesgos a la salud y al medio ambiente, hasta el momento desconocido, por lo que genero un mayor interés en la adquisición de equipo de protección personal adecuados.

La empresa mostró un compromiso con el desempeño ambiental y de salud de sus trabajadores desde el comienzo del programa de producción más limpia, teniendo interés en los estudios e inmediatamente tomando acciones para solucionar los problemas, en la adquisición de equipo, materiales y servicios, convirtiéndose en una empresa que transita hacia la sustentabilidad.

## IX. RECOMENDACIONES

Las recomendaciones a la alta gerencia es que realice capacitaciones completas, no solamente de metodologías del proceso, sino teoría y práctica bien definidas, incluyendo los diferentes tipos de riesgos ergonómicos, físicos: ruido e iluminación, químicos y ambientales dentro del proceso. Teniendo en cuenta las siguientes recomendaciones:

- Manual de la metodología de trabaja de cada una de las áreas de producción.
- Utilización del equipo de protección personal adecuado.
- Rotación temporal de los trabajadores en varias áreas.
- Seguir con estudios posteriores de iluminación, ruido, ergonomía y sustancias químicas.
- Buscar constantemente mejores y modernos equipos, así como productos alternativos para las sustancias químicas.
- Realizar proyectos de mejora en iluminación, distribución de focos e instalaciones eléctricas.
- Implementación del método 5s.
- Colocar las señalizaciones necesarias en cada una de las áreas de trabajo.
- Plan de mantenimiento preventivo en los diferentes equipos.
- Realizar las opciones de mejora faltantes descritas en esta investigación de tesis.

## X. REFERENCIAS

- Abrego, M, Molinos, S, Ruíz, P & de Seguridad, AC 2000, *Equipos de protección personal*, ACHS.
- Aggarwal, SK & Oberoi, P 2011, 'Electrical Energy Auditing and Harmonic Analysis of Industrial Units: A Case Study', vol. 1, pp. 113-9.
- Almasi, A 2012a, 'Choosing Oil-injected Screw Compressors', *Chemical Engineering*, vol. 119, no. 2, pp. 35-9.
- 2012b, 'Practical notes and latest technologies on modern centrifugal compressor component and system selection', vol. 10(1), pp. 71-80.
- Altunlu, AC, Lazoglu, I, Oguz, E & Kara, S 2012, 'An investigation on the impact fatigue characteristics of valve leaves for small hermetic reciprocating compressors in a new automated test system', *Fatigue & Fracture of Engineering Materials & Structures*, vol. 35, no. 9, pp. 826-41.
- Anshel, JR 2006, 'Visual Ergonomics in the Workplace: Improving eyecare and vision can enhance productivity. (cover story)', *Professional Safety*, vol. 51, no. 8, pp. 20-5.
- Arimura, TH, Shanjun, L, Newell, RG & Palmer, K 2012, 'Cost-Effectiveness of Electricity Energy Efficiency Programs', *Energy Journal*, vol. 33, no. 2, pp. 63-99.
- Asensio-Cuesta, S, Diego-Mas, JA, Cremades-Oliver, LV & González-Cruz, MC 2012, 'A method to design job rotation schedules to prevent work-related musculoskeletal disorders in repetitive work', *International Journal of Production Research*, vol. 50, no. 24, pp. 7467-78.
- Badgie, D, Samah, MAA, Manaf, LA & Muda, AB 2012, 'Assessment of Municipal Solid Waste Composition in Malaysia: Management, Practice, and Challenges', *Polish Journal of Environmental Studies*, vol. 21, no. 3, pp. 539-47.
- Barišić, M, Toth, A & Đurić, S 2011, 'Sustainable Water Use in 21st Century', *Management (1820-0222)*, no. 61, pp. 106-11.
- Bassetto, IFF, de Souza, GFM & Neto, AH 2009, 'Reliability Analysis in Reciprocating Compressors for Refrigeration Systems', *HVAC&R Research*, vol. 15, no. 1, pp. 137-50.
- Belkys, M, Antonio, LJ & Alexis, O 2013, 'Enfermedades Ocupacionales en la Manufactura', *HSEC magazine, Prevencion de riesgos, Seguridad Industrial, Salud Ocupacional*, pp. 46-7.
- Berchicci, L, Dowell, G & King, AA 2012, 'Environmental capabilities and corporate strategy: exploring acquisitions among us manufacturing firms', *Strategic Management Journal*, vol. 33, no. 9, pp. 1053-71.
- Berro, MSCCT 2006, 'Producción más limpia y consumo sustentable. (Spanish)', *Transporte Desarrollo y Medio Ambiente*, vol. 26, no. 1, pp. 53-5.
- Blazejczak, J, Edler, D & Schill, W-P 2014, 'Improved Energy Efficiency: Vital for Energy Transition and Stimulus for Economic Growth', *DIW Economic Bulletin*, pp. 3-15.
- Buckley, C, Friedrich, E & von Blottnitz, H 2011, 'Life-cycle assessments in the South African water sector: A review and future challenges', *Water SA*, vol. 37, no. 5, pp. 719-26.
- Buhaug, K, Moen, BE & Irgens, Å 2014, 'Upper limb disability in Norwegian workers with hand-arm vibration syndrome', *Journal of Occupational Medicine & Toxicology*, vol. 9, no. 1, pp. 1-15.
- Carey, P 2001, *Heyde's MODAPTS: A Language of Work*, Heyde Dynamics.
- Carley, S 2012, 'Energy demand-side management: New perspectives for a new era', *Journal of Policy Analysis & Management*, vol. 31, no. 1, pp. 6-32.
- Casanova, L, Alfano-Sobsey, E, Rutala, WA, Weber, DJ & Sobsey, M 2008, 'Virus Transfer from Personal Protective Equipment to Healthcare Employees' Skin and Clothing', *Emerging Infectious Diseases*, vol. 14, no. 8, pp. 1291-3.
- Cervellini, FM & Souza, MTS 2009, 'A contribution of the Cleaner Production Program to the ISO 14001 Management System: a case study in the metal-mechanic sector', *Journal of Operations and Supply Chain Management*, vol. 2, no. 1, pp. 61-76.
- Challener, C 2011, 'Water treatment works', *Chemistry & Industry*, no. 3, pp. 18-20.
- Cheremisinoff, NP 2006, 'Chapter 5: Conducting Cleaner Production Audits', in Euromoney Institutional Investor PLC / Gulf Publishing Company, pp. 147-206.
- Ciobanu, D 2013, 'SOIL POLLUTION AND CONTAMINATION. THE LEGAL FRAMEWORK AND ACTUAL TRENDS IN ENVIRONMENTAL POLICIES', *Annals of the University Dunarea de Jos of Galati: Fascicle II, Mathematics, Physics, Theoretical Mechanics*, vol. 36, no. 1, pp. 102-6.
- Clayton, A, Muirhead, J & Reichgelt, H 2002, 'Enabling Industrial Symbiosis through a Web-Based Waste Exchange', *Greener Management International*, no. 40, pp. 93-106.
- Cohen, MA 2007, 'Una nueva gestión ambiental: El riesgo y el principio precautorio. (Spanish)', *A New Environmental Management: Risk and the Precautionary Principle. (English)*, vol. 16, no. 2, pp. 209-22.
- Cook, N 2013, 'Occupational hygiene', *RoSPA Occupational Safety & Health Journal*, vol. 43, no. 7/8, pp. 15-8.
- CPTS, CdPdTS 2005, *Guía Técnica General de Producción Mas Limpia*, La Paz, Bolivia.
- Dagilis, V & Vaitkus, L 2009, 'Parametric analysis of hermetic refrigeration compressors', *SANDARAUS ŠALDYMO KOMPRESORIAUS PARAMETRINĖ ANALIZĖ.*, vol. 80, no. 6, pp. 23-9.

- Dandira, V, Mugwindiri, K & Chikuku, T 2012, 'A cleaner production exercise of a leather manufacturing company: a zimbabwean experience', *International Journal of Scientific & Technology Research*, vol. 1, no. 11, pp. 1-5.
- Daniel R. Schneider, Zvonimir Guzovic & Duic, N 2012, 'Sustainable Development - Challenge to Use the Resources in a More Efficient Way, Integrating Processes, and Reusing Waste for Energy Production', *Thermal Science*, vol. 16, no. 3, pp. 2-4.
- de Almeida, RACdS, de Castro Moura Duarte, FJ, Meirelles, LA & Veiga, LBE 2012, 'Thermal comfort and personal protective equipment (PPE)', *Work*, vol. 41, pp. 4979-82.
- de Miranda Prottes, V, Oliveira, NC & de Oliveira Andrade, AB 2012, 'Ergonomic work analysis as a tool of prevention for the occupational safety and health management system', *Work*, vol. 41, pp. 3301-7.
- de Oliveira, HM, Dagostim, GP, Mota, AdS, Tavares, P, da Rosa, LAZC & de Andrade, VM 2011, 'Occupational risk assessment of paint industry workers', *Indian Journal of Occupational & Environmental Medicine*, vol. 15, no. 2, pp. 52-8.
- Deguen, S, Ségala, C, Pédrone, G & Mesbah, M 2012, 'A New Air Quality Perception Scale for Global Assessment of Air Pollution Health Effects', *Risk Analysis: An International Journal*, vol. 32, no. 12, pp. 2043-54.
- Deveci, M & Ekmekyapar, F 2008, 'Environmental Problems Induced by Pollutants in Air, Soil and Water Resources', *Environmental Technologies*, p. 41.
- Dragoş, CŞ 2013, 'ETHICAL ASPECTS OF ENVIRONMENTAL MANAGEMENT', *Annals of the University of Oradea, Economic Science Series*, vol. 22, no. 1, pp. 1443-51.
- Durbach, I & Davisy, S 2012, 'Decision support for selecting a shortlist of electricity-saving options: A modified SMAA approach', *Orion*, vol. 28, no. 2, pp. 99-116.
- Díaz Gutiérrez, CD, González Portal, G, Espinosa Tejeda, N, Díaz Batista, R & Espinosa Tejeda, I 2013, 'Trastornos músculo esquelético y ergonomía en estomatólogos del municipio Sancti Spíritus. 2011. (Spanish)', *Ergonomics and muscle skeletal disorders in dentists from Sancti Spíritus municipality. 2011. (English)*, vol. 15, no. 1, pp. 1-8.
- Elejalde Alvarez, OL 2009, 'La gestión del riesgo: una estrategia de administración integral. (Spanish)', *Risk management: an integral administration strategy. (English)*, vol. 4, no. 2, pp. 103-12.
- Evangelia, F 2014, 'Do firms care for the environment or they adopt environmental management in order to benefit economically?', *International Journal of Information, Business & Management*, vol. 6, no. 4, pp. 171-82.
- Eyal, L, Ribak, J & Badihi, Y 2012, 'Remote online ergonomic assessment in the office environment as compared to face-to-face ergonomic assessment', *Work*, vol. 41, pp. 516-23.
- Fandiño, CN 2009, 'INVATAM Ltda: una industria del sector curtidor que trabaja por el ahorro y uso eficiente del agua. (Spanish)', *INVATAM Ltda: An industry from the leather sector that works for the saving and efficient use of water. (English)*, vol. 4, no. 1, pp. 109-17.
- Finger, R & Lehmann, N 2012, 'Policy reforms to promote efficient and sustainable water use in Swiss agriculture', *Water Policy*, vol. 14, no. 5, pp. 887-901.
- Frondel, M, Horbach, J & Rennings, K 2007, 'End-of-pipe or cleaner production? An empirical comparison of environmental innovation decisions across OECD countries', *Business Strategy & the Environment (John Wiley & Sons, Inc)*, vol. 16, no. 8, pp. 571-84.
- Gakhar, S 2013, 'An Effective Waste Management System for a Better Future', *Aweshkar Research Journal*, vol. 15, no. 1, pp. 129-36.
- Gallo, MMC 2006, 'Minimización de Residuos: una política de gestión ambiental empresarial. (Spanish)', *Waste minimization: An environmental management corporative policy. (English)*, vol. 1, no. 2, pp. 46-57.
- Giraldo, AMC & Giraldo, JDC 2008, 'Mejoramiento en el manejo de los residuos sólidos en una industria metal mecánica. (Spanish)', *Increasing the Management of solid waste in a metal-mechanic industry. (English)*, vol. 3, no. 1, pp. 111-6.
- Gomero Cuadra, R, Zevallos Enriquez, C & Llap Yesan, C 2006, 'Medicina del Trabajo, Medicina Ocupacional y del Medio Ambiente y Salud Ocupacional. (Spanish)', *Occupational Medicine, Occupational and Environmental Medicine and Occupational Health. (English)*, vol. 17, no. 2, pp. 105-8.
- Gongfa, L, Yuesheng, G, Jianyi Kong, jyc, Guozhang, J, Liangxi, X, Zehao, W, Zhen, L, Yuan, H & Po, G 2013, 'Intelligent Control of Air Compressor Production Process', *Applied Mathematics & Information Sciences*, vol. 7, no. 3, pp. 1051-8.
- Gonzalez-Benito, J 2008, 'The effect of manufacturing pro-activity on environmental management: an exploratory analysis', *International Journal of Production Research*, vol. 46, no. 24, pp. 7017-38.
- Gould, JC & Taylor, S 2011, 'Hazard identification of strong dermal sensitizers', *Toxicology Mechanisms & Methods*, vol. 21, no. 2, pp. 86-92.
- Guillén Fonseca, M 2006, 'Ergonomía y la relación con los factores de riesgo en salud ocupacional', *Revista cubana de enfermería*, vol. 22, no. 4, pp. 0-.
- Gómez, IC 2007, 'Salud laboral: una revisión a la luz de las nuevas condiciones del trabajo', *Universitas psicológica*, vol. 6, no. 1, pp. 105-14.

- Harding, A-H, Frost, GA, Tan, E, Tsuchiya, A & Mason, HM 2013, 'The cost of hypertension-related ill-health attributable to environmental noise', *Noise & Health*, vol. 15, no. 67, pp. 437-45.
- Harih, G 2014, 'DECISION SUPPORT SYSTEM FOR GENERATING ERGONOMIC TOOL-HANDLES', *International Journal of Simulation Modelling (IJSIMM)*, vol. 13, no. 1, pp. 5-15.
- He Oliver, H & Ortolano, L 2006, 'Implementing Cleaner Production Programmes in Changzhou and Nantong, Jiangsu Province', *Development & Change*, vol. 37, no. 1, pp. 99-120.
- Ijomah, WL, Childe, S & McMahon, C 2004, 'Remanufacturing: a key strategy for sustainable development'.
- Ingeneer, LD, Mathieux, F & Brissaud, D 2012, 'A new 'in-use energy consumption' indicator for the design of energy-efficient electr(on)ics', *Journal of Engineering Design*, vol. 23, no. 3, pp. 217-35.
- Inyang, N, Al-Hussein, M, El-Rich, M & Al-Jibouri, S 2012, 'Ergonomic Analysis and the Need for Its Integration for Planning and Assessing Construction Tasks', *Journal of Construction Engineering & Management*, vol. 138, no. 12, pp. 1370-6.
- Jonsson, C 2012, 'Visual ergonomics and computer work - is it all about computer glasses?', *Work*, vol. 41, pp. 3577-9.
- Kallbekken, S, Sælen, H & Hermansen, E 2013, 'Bridging the Energy Efficiency Gap: A Field Experiment on Lifetime Energy Costs and Household Appliances', *Journal of Consumer Policy*, vol. 36, no. 1, pp. 1-16.
- Keeyoon, J 2010, 'Cooperation on Acquiring Green Technology: Focusing on Renewable Energy', *SERI Quarterly*, vol. 3, no. 1, pp. 28-35.
- Kenkre, P 2013, 'Design and Specification of A Compressed Air System', *Chemical Engineering*, vol. 120, no. 1, pp. 40-8.
- Kovačević, S, Brnada, S & Šabarić, I 2013, 'Application of the MODAPTS Method with Inovative Solutions in the Warping Process', *Fibres & textiles in Eastern Europe*, vol. 100, no. 4, pp. 55-9.
- Laamanen, I, Verbeek, J, Franco, G, Lehtola, M & Luotamo, M 2008, 'Finding toxicological information: An approach for occupational health professionals', *Journal of Occupational Medicine & Toxicology*, vol. 3, pp. 1-11.
- Lehmann, S 2010, 'RESOURCE RECOVERY AND MATERIALS FLOW IN THE CITY: ZERO WASTE AND SUSTAINABLE CONSUMPTION AS PARADIGMS IN URBAN DEVELOPMENT', *Sustainable Development Law & Policy*, vol. 11, no. 1, pp. 28-68.
- Levidow, L, Lindgaard-Jørgensen, P, Nilsson, Å, Alongi Skenhall, S & Assimacopoulos, D 2014, 'Eco-efficiency improvements in industrial water-service systems: assessing options with stakeholders', *Water Science & Technology*, vol. 69, no. 10, pp. 2113-21.
- Loghry, JD & Veach, CB 2009, 'Enterprise Risk Assessments. (cover story)', *Professional Safety*, vol. 54, no. 2, pp. 31-5.
- Lungu, I, Bara, A & Popeanga, J 2014, 'MEASURING AND IMPROVING ENERGY EFFICIENCY INDICATORS FOR A GREENER ROMANIA', *Economic Computation & Economic Cybernetics Studies & Research*, vol. 48, no. 2, pp. 1-14.
- Machado, CAS 2010, 'Gestión energética empresarial una metodología para la reducción de consumo de energía. (Spanish)', *Energy management in business a method to reduce energy consumption. (English)*, vol. 5, no. 2, pp. 107-26.
- Man, Z, Shurong, Y, Chao, L & Yang, Y 2013, 'Effect of Mechanism Error on Input Torque of Scroll Compressor', *International Journal of Rotating Machinery*, pp. 1-5.
- Manzan, R & Ikuo Miyake, D 2013, 'A Study on Alternative Approaches to Instill Environmental Concerns in the Domain of Production Management of Industrial Firms', *Journal of Technology Management & Innovation*, vol. 8, no. 3, pp. 198-207.
- Martínez, MG, García, JJJ, Ceballos, LY, Valencia, AM, Zapata, MAV & Trespacios, EMV 2012, 'Ruido industrial: efectos en la salud de los trabajadores expuestos', *Revista CES Salud Pública*, vol. 3, no. 2, pp. 174-83.
- Mauricio, GC & Himilce, MMC 2012, 'El manejo de los residuos sólidos municipales: un enfoque antropológico. El caso de San Luis Potosí, México. (Spanish)', vol. 19, pp. 235-62.
- Mei, L 2011, 'Full Cost Accounting in Solid Waste Management: The Gap in the Literature on Newly Industrialised Countries', *Journal of Applied Management Accounting Research*, vol. 9, no. 1, pp. 21-36.
- Meneses-Barriviera, CL, Melo, JJ & de Moraes Marchiori, LL 2013, 'Hearing loss in the elderly: History of occupational noise exposure', *International Archives of Otorhinolaryngology*, vol. 17, no. 2, pp. 179-83.
- Monge, C, Cruz, J & López, F 2013, 'Impacto de la Manufactura Esbelta, Manufactura Sustentable y Mejora Continua en la Eficiencia Operacional y Responsabilidad Ambiental en México. (Spanish)', *Impact of Lean Manufacturing, Sustainable Manufacturing and Continuous Improvement on Operational Efficiency and Environmental Responsibility in Mexico. (English)*, vol. 24, no. 4, pp. 15-32.
- Moraes, B & Andrade, VS 2012, 'Implantation of an ergonomics administration system in a company: report of an occupational therapist specialist in ergonomics', *Work*, vol. 41, pp. 2637-42.
- Moreda, LL, Nardo, RC, Castell, IR & Falcón, GP 2008, 'HERRAMIENTAS PARA LA GESTIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS EN LAS EMPRESAS HOTELERAS. (Spanish)', *Retos Turísticos*, vol. 7, no. 1/2, pp. 35-40.

- Munck, L, Cella-de-Oliveira, FA & Bansi, AC 2013, 'Eco-efficiency: A construct in the eyes of organizational competences', *Business Management Dynamics*, vol. 2, no. 8, pp. 01-7.
- México 2001, *Secretaría del Trabajo y Previsión Social, Norma Oficial Mexicana NOM-011-STPS-2001, "Condiciones de Seguridad e Higiene en los centros de trabajo donde se genere ruido"*, Diario Oficial de la Federación.
- 2008, *Secretaría del Trabajo y Previsión Social, Norma Oficial Mexicana NOM-025-STPS-2008, "Condiciones de iluminación en los centros de trabajo"*, Diario Oficial de la Federación.
- Narváez Benjumea, G & Echeverri Urquijo, HA 2009, 'Producción más limpia y buenas prácticas de salud ocupacional en estaciones de servicio. (Spanish)', *Cleaner production and best practices in occupational health in service stations. (English)*, vol. 4, no. 2, pp. 81-9.
- Nowosielski, R, Babilas, R & Pilarczyk, W 2007, 'Sustainable technology as a basis of cleaner production', *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering*, vol. 20, no. 1-2, pp. 527-30.
- Nuria, AP, Myrna, HR, Trinidad, SRM, Carmen, MMMd & Olga, SF 2008, *Riesgos Laborales relacionados con el Medio Ambiente*.
- Obermaier, R & Donhauser, A 2012, 'Zero inventory and firm performance: a management paradigm revisited', *International Journal of Production Research*, vol. 50, no. 16, pp. 4543-55.
- Oestreich, A, Dos Santos, MK & Rocco, VM 2006, 'Producción más limpia y competitividad: Un camino hacia la excelencia empresarial sustentable. (Spanish)', *Revista de Antiguos Alumnos del IEEM*, vol. 9, no. 1, pp. 52-64.
- Ouellet, S 2012, 'Ergonomic analysis of work activity for the purpose of developing training programs: the contribution of ergonomics to vocational didactics', *Work*, vol. 41, pp. 4572-6.
- Pareja, RAC, López, LMF, Arroyave, SMS & Pérez, ICA 2010, 'Fortalecimiento del desempeño ambiental empresarial, a través del programa de producción más limpia y consumo sostenible del Área Metropolitana del Valle de Aburrá. (Spanish)', *Strengthening of the environmental corporate performance, with the Área Metropolitana del Valle de Aburrá's cleaner production and sustainable consumption program. (English)*, vol. 5, no. 2, pp. 9-23.
- Parker, D & Butler, P 2007, 'An Introduction to REMANUFACTURING', *Centre of remanufacturing and reuse*, p. 16.
- Prata, AT & Barbosa, JR 2009, 'Role of the Thermodynamics, Heat Transfer, and Fluid Mechanics of Lubricant Oil in Hermetic Reciprocating Compressors', *Heat Transfer Engineering*, vol. 30, no. 7, pp. 533-48.
- Párraga, M 2003, 'Diseño correcto de la estación de trabajo', *Industrial Data*, vol. 6, no. 1, pp. 095-8.
- Radonjić, G & Tominc, P 2007, 'The role of environmental management system on introduction of new technologies in the metal and chemical/paper/plastics industries', *Journal of Cleaner Production*, vol. 15, no. 15, pp. 1482-93.
- Rak, J 2013, 'The thermal-flow behavior of the working chamber in an oil-free scroll compressor', *Archives of Thermodynamics*, vol. 34, no. 3, pp. 161-72.
- Reindl, DT 2013, 'Sequencing & Control Of Compressors', *ASHRAE Journal*, vol. 55, no. 11, pp. 14-29.
- Richter, B 2011, 'Energy in Three Dimensions', *Issues in Science & Technology*, vol. 27, no. 3, pp. 43-8.
- Rio, Y & Sorooshian, S 2013, 'Ergonomic Factors', *Journal of Management & Science*, vol. 3, no. 4, pp. 106-8.
- Rivera Torres, A & Vivanco, U 2005, 'Determinación de perfiles para rotores de compresores de tornillo con perfil simétrico. (Spanish)', *Profiles determination for screw compressors rotors with symmetrical profile. (English)*, vol. 8, no. 2, pp. 73-8.
- Rojas, JAA & Giraldo, LFG 2006, 'Tecnologías ambientalmente sostenibles. (Spanish)', *Environmentally sustainable technologies. (English)*, vol. 1, no. 2, pp. 78-86.
- Sanchez, IMR, Carra, I & Perez, JAS 2013, 'El uso sostenible del agua: Tributos medioambientales y nuevos procesos de descontaminación mediante energías renovables. (Spanish)', *The Sustainable Use of Water: Environmental Taxes and New Decontamination Processes Using Renewable Energy. (English)*, vol. 31, no. 1, pp. 197-216.
- Silvestri, A, De Felice, F & Petrillo, A 2012, 'Multi-criteria risk analysis to improve safety in manufacturing systems', *International Journal of Production Research*, vol. 50, no. 17, pp. 4806-21.
- Srebrenkoska, V, Fidancevska, E, Blazevska-Gilev, J & Lisickov, K 2012, 'ROLE OF TECHNOLOGY AS A BASIS OF CLEANER PRODUCTION', *Technologica Acta*, vol. 5, no. 2, pp. 15-20.
- Surjono & Adrianto, DW 2011, 'SUSTAINABLE PRODUCTION AND CONSUMPTION AND THE ROLE OF CLEANER PRODUCTION', *International Journal of Academic Research*, vol. 3, no. 4, pp. 176-9.
- Theberge, N & Neumann, WP 2013, 'The Relative Role of Safety and Productivity in Canadian Ergonomists' Professional Practices', *El rol relativo de la seguridad y la productividad en las prácticas profesionales de los ergonomistas canadienses.*, vol. 68, no. 3, pp. 387-408.
- Torres, CH, Varona, ME, Lancheros, A, Patiño, RI & Groot, H 2008, 'Evaluación del daño en el ADN y vigilancia biológica de la exposición laboral a solventes orgánicos.', *Biomédica*, vol. 28, no. (1), pp. 1-34.
- Tsung-Yung, C, Shang-Lien, L & Yung-Yin, T 2012, 'Establishing an Integration-Energy-Practice Model for Improving Energy Performance Indicators in ISO 50001 Energy Management Systems', *Energies (19961073)*, vol. 5, no. 12, pp. 5324-39.

- Valencia, A, Castaño, RS, Sánchez, A, Cardozo, E, Bonilla, M & Buitrago, C 2009, 'Gestión de la contaminación ambiental: cuestión de corresponsabilidad. (Spanish)', *Management of Environmental Pollution: a matter of co-responsibility. (English)*, no. 30, pp. 90-9.
- Van Bommel, WJM & Van den Beld, GJ 2004, 'La iluminación en el trabajo: Efectos visuales y biológicos', *Royal Philips Electronics NV*, pp. 1-18.
- Vasiljevic-Shikaleska, A 2014, 'WASTE MANAGEMENT AND MODELS FOR OPTIMIZATION TOWARDS SUSTAINABLE WASTE MANAGEMENT SYSTEMS', *Journal of Sustainable Development (1857-8519)*, vol. 5, no. 8-9, pp. 105-23.
- Vásquez Bernal, CI 2009, 'Los convenios de producción más limpia: una estrategia para la sostenibilidad. (Spanish)', *Cleaner production agreements: a strategy for sustainability. (English)*, vol. 4, no. 2, pp. 75-80.
- Wei, Z, Gui-Bing, HE, Yue, ZHU & Long, C 2014, 'EFFECTS OF PSYCHOLOGICAL DISTANCE ON ASSESSMENT OF SEVERITY OF WATER POLLUTION', *Social Behavior & Personality: an international journal*, vol. 42, no. 1, pp. 69-78.
- Wheeler, J 2013, 'The evolution of compressors', *Supply House Times*, vol. 56, no. 4, p. 54.
- Yamile, SA, Miguel, SJ, Alberto, VMO & Edgar, R 2004, *Unidad de Asistencia Técnica Ambiental para la pequeña y mediana empresa*.
- Yumurtaci, Rryet 2013, 'Role of energy management in hybrid renewable energy systems: case study-based analysis considering varying seasonal conditions', *Turkish Journal of Electrical Engineering & Computer Sciences*, vol. 21, no. 4, pp. 1077-91.
- Zakula, T, Armstrong, P & Norford, L 2012, 'Optimal coordination of heat pump compressor and fan speeds and subcooling over a wide range of loads and conditions', *HVAC&R Research*, vol. 18, no. 6, pp. 1153-67.
- Zaman, AU & Lehmann, S 2011, 'Challenges and Opportunities in Transforming a City into a "Zero Waste City."', *Challenges (20781547)*, vol. 2, no. 4, pp. 73-93.
- Zanghelini, GM, Cherubini, E, Orsi, P & Soares, SR 2014, 'Waste management Life Cycle Assessment: the case of a reciprocating air compressor in Brazil', *Journal of Cleaner Production*, vol. 70, pp. 164-74.
- Zhang, L & Zhong, L 2010, 'Integrating and Prioritizing Environmental Risks in China's Risk Management Discourse', *Journal of Contemporary China*, vol. 19, no. 63, pp. 119-36.

# ANEXO 01

ANEXO 1. Carta Compromiso entra la Universidad de Sonora y CPR Compresores S.A de C.V.

 **Compresores, S.A. de C.V.**



Hermosillo, Sonora, a 12 de Septiembre del 2014

**Dra. Nora Eliza Munguía Vega**  
Coordinadora de Posgrado en Sustentabilidad  
Universidad de Sonora

Asumo: Autorización para el diseño de un Programa de Sustentabilidad

Firmada profesora, exiendo la presente para confirmar la aceptación del estudiante **Arayo Munguía José Ángel** para diseñar un Programa de Sustentabilidad, cuyo objetivo es prevenir, eliminar y/o reducir riesgos ambientales y de salud en **CPR Compresores S.A de C.V.**

Se han discutido los beneficios que este proyecto puede brindar a la empresa y me siento con la confianza de que el alumno tendrá un buen desempeño para promover la sustentabilidad en esta organización así como el aprendizaje que se obtendrá durante el proceso.

Apreció mucho los esfuerzos de vinculación y colaboración por parte del Posgrado que usted representa.

Sin más por el momento, quedo a su disposición para cualquier aclaración.

Saludos cordiales,

  
LEOBARDO MILLANES HERNANDEZ  
GERENTE MATERIALES

Nombre de contacto:	LEOBARDO MILLANES HERNANDEZ
Teléfono:	(662) 260-44-616
Dirección de la organización:	Calle de los Volcanes #28 Colonia Actulco, C.P. 83260 Hermosillo, Sonora, México

Calle de los Volcanes #28 Col. Actulco, Hermosillo, Sonora, C.P. 83290, Tel/Fax (662) 250-4455  
www.cprcompresores.com

Sonora, Page 1

## ANEXO 02

ANEXO 2. Los movimientos del cuerpo con sus respectivos códigos en la metodología MODAPTS.

<p><b>MOVE</b></p> <p>M1 Finger 2.5 cm (1")            M2 Hand 5 cm (2")            M3 Forearm 15 cm (6")            M4 Whole arm 30 cm (12")            M5 Extended arm 45 cm (18")            M7 Trunk 75 cm (30")</p>	<p><b>READ</b></p> <p>R2 One word - general reading            R3 One word - careful reading            R3 Reading up to 3 characters</p>	<p><b>JUGGLE</b></p> <p>J2 To gain better control</p>
<p><b>GET</b></p> <p>G0 Contact, or touch            G1 Simple closing of fingers            G3 Complex closing of fingers</p>	<p><b>DECIDE</b></p> <p>D3 For the unusual case</p>	<p><b>VOCALIZE</b></p> <p>V3 For each word spoken</p>
<p><b>PUT</b></p> <p>P0 To general locations            P2 To specific locations            P5 To exact locations</p>	<p><b>EYE CONTROL</b></p> <p>E2 Eye fixation            E2 Eye travel            E4 Eye focus</p>	<p><b>USE --</b> Back and forth movements            No definite start or stop points            U5 Finger motions            U1 Hand motions            U2 Forearm motions            U3 Whole arm motions</p>
<p><b>WALK</b></p> <p>W5 Per pace            W2,36 Per linear foot            W7,75 Per meter</p>	<p><b>NUMBER/COUNT</b></p> <p>N3 Per item, arranged            N6 Per item, disarranged</p>	<p><b>LOAD FACTOR</b> (effective net weight)            L0 &lt; 4.4 lbs (2kg)            L1 &gt; 4.4 lbs (2kg) &lt; 13.3 lbs(6kg)            Add one MOD for each added 8.8 lbs (4kg)</p>
<p><b>FOOT ACTION</b></p> <p>F3 15 cm (6") toe travel</p>	<p><b>BEND AND ARISE</b></p> <p>B17 Hand goes below knees</p>	<p><b>HANDWRITE</b></p> <p>H4 One character in continuous style, one punctuation mark            H5 One character in print style, one digit or symbol            H6 One character in cursive style, upper case            H7 One character in print style, upper case            H21 One word in cursive style            H26 One word in print style            H35 One word in all upper case</p>
<p><b>CRANK</b></p> <p>C3 Up to 8.9 cm (3.5")            C4 Over 8.9 cm (3.5")</p>	<p><b>SIT AND STAND</b></p> <p>S30 Production work</p>	
	<p><b>EXTRA FORCE</b></p> <p>X4 A hesitation (not visible)</p>	