



# **Diseño de mejoras para los procesos de granalla y pintura para una empresa metalmecánica de la ciudad de Mar del Plata**

---

Trabajo Final de la Carrera de Ingeniería Industrial

Prieto, Gonzalo

Rech, Jerónimo

Departamento de Ingeniería Industrial

Facultad de Ingeniería

Mar del Plata – Año 2019



RINFI se desarrolla en forma conjunta entre el INTEMA y la Biblioteca de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Mar del Plata.

Tiene como objetivo recopilar, organizar, gestionar, difundir y preservar documentos digitales en Ingeniería, Ciencia y Tecnología de Materiales y Ciencias Afines.

A través del Acceso Abierto, se pretende aumentar la visibilidad y el impacto de los resultados de la investigación, asumiendo las políticas y cumpliendo con los protocolos y estándares internacionales para la interoperabilidad entre repositorios



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución-  
NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

# Diseño de mejoras para los procesos de granalla y pintura para una empresa metalmecánica de la ciudad de Mar del Plata

Autores: Gonzalo Prieto  
Jerónimo Rech

Director: Juan Pablo Grammatico  
Departamento de Ingeniería Industrial  
Facultad de Ingeniería, UNMDP.

Codirector: Daniel Laville  
Departamento de Ingeniería Industrial  
Facultad de Ingeniería, UNMDP.

Evaluadores: Juan Pablo Grammatico  
Departamento de Ingeniería Industrial  
Facultad de Ingeniería, UNMDP.

Daniel Laville  
Departamento de Ingeniería Industrial  
Facultad de Ingeniería, UNMDP.

Guillermo Valotto  
Departamento de Ingeniería Industrial  
Facultad de Ingeniería, UNMDP.

---

## **INDICE**

ÍNDICE DE FIGURAS.....	IV
ÍNDICE DE TABLAS.....	V
RESUMEN.....	VI
PALABRAS CLAVE .....	VI
1. INTRODUCCIÓN.....	7
1.1 LA EMPRESA .....	8
1.1.1 ANTECEDENTES.....	8
1.1.2 ACTUALIDAD .....	9
1.2 CONTEXTO .....	10
1.2.1 CONTEXTO NACIONAL.....	10
1.2.2 CONTEXTO INTERNACIONAL .....	11
1.3 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA U OPORTUNIDAD .....	12
1.4 EXPLICACIÓN DE LOS OBJETIVOS .....	13
1.4.1 OBJETIVO GENERAL .....	13
1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	13
2. MARCO TEÓRICO .....	14
2.1 ORGANIZACIÓN INDUSTRIAL.....	14
2.1.1 ESTUDIO DE PROCESOS.....	14
2.1.2 ESTUDIO DE TIEMPOS.....	14
2.1.3 DIAGRAMA DE FLUJO .....	14
2.1.4 DIAGRAMA DE RECORRIDO .....	16
2.1.5 LAYOUT .....	16
2.2 GESTIÓN DE LA CALIDAD .....	17
2.2.1 INFORMACIÓN DOCUMENTADA.....	17
2.3 ANÁLISIS ECONÓMICO.....	18
2.3.1 ANÁLISIS DE INVERSIÓN .....	18

2.3.2 TIEMPO DE REPAGO.....	18
2.4 MANTENIMIENTO DE MÁQUINAS .....	19
2.4.1 MANTENIMIENTO PREVENTIVO .....	20
2.4.2 MANTENIMIENTO CORRECTIVO .....	20
3. DESARROLLO .....	22
3.1 ANÁLISIS DE LA EMPRESA .....	22
3.1.1 PROCESOS .....	22
3.1.1.1 PROCESO DE PLANIFICACIÓN DE PRODUCCIÓN .....	22
3.1.1.2 PROCESOS DE COMPRAS .....	23
3.1.1.3 PROCESO DE COMERCIALIZACIÓN .....	25
3.1.1.4 PROCESOS DE PRODUCCIÓN.....	27
3.1.2 LAYOUT ACTUAL .....	39
3.1.3 FLUJO DE MATERIALES .....	39
3.1.4 ORGANIGRAMA .....	40
3.1.5 VOLUMEN DE VENTAS.....	46
3.1.6 RECURSOS HUMANOS .....	46
3.2 ESTUDIO Y ANÁLISIS DE LOS SECTORES.....	47
3.2.1 EVALUACION DEL SECTOR DE PINTADO.....	47
3.2.2 EVALUACIÓN DEL SECTOR DE GRANALLADO .....	48
3.3 EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS.....	50
3.3.1 SECTOR DE PINTADO.....	50
3.3.2 SECTOR DE GRANALLADO .....	65
3.4 SELECCIÓN DE LAS MEJORES ALTERNATIVAS .....	76
3.5 IMPLEMENTACIÓN DE MEJORAS .....	85
4. CONCLUSIONES .....	87
5. BIBLIOGRAFÍA.....	89
6. ANEXOS.....	90
6.1 ANEXO 1 .....	90
6.2 ANEXO 2 .....	97

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Logotipo de QM antes y después.....	10
Figura 2: Cadena de valor y relación entre actores principales .....	12
Figura 3: Figuras del diagrama de flujo.....	15
Figura 4: Jerarquía de la información documentada .....	17
Figura 5: Clasificación del Mantenimiento.....	19
Figura 6: Diagrama de flujo de la planificación de la producción.....	23
Figura 7: Diagrama de flujo de Compras .....	25
Figura 8: Diagrama de flujo de Comercialización .....	27
Figura 9: Diagrama de flujo de Corte y Plegado .....	30
Figura 10: Diagrama de flujo de Metalurgia .....	32
Figura 11: Diagrama de flujo de Granallado.....	34
Figura 12: Diagrama de flujo de Pintura.....	36
Figura 13: Diagrama de flujo de Montaje .....	38
Figura 14: Layout actual .....	39
Figura 15: Organigrama de QM .....	45
Figura 16: Volumen de ventas de QM desde el año 2011.....	46
Figura 17: Mediciones de lux de pintura N°1.....	51
Figura 18: Mediciones de lux en la cabina de pintura N°2.....	52
Figura 19: Fórmulas altura iluminación .....	53
Figura 20: Altura iluminación .....	53
Figura 21: Factor de reflexión por material y color .....	54
Figura 22: Vista frontal de la iluminación en la cabina de pintura.....	56
Figura 23: : Vista lateral de la iluminación en la cabina de pintura .....	56
Figura 24: Lápis eléctrico.....	64
Figura 25: Equipo de granallado Clemco .....	65
Figura 26: Filtro de aire Clemco.....	67
Figura 27: Mediciones de Lux en el sector de granallado .....	69
Figura 28: Minicargador .....	72
Figura 29: Fuerzas intervinientes.....	75
Figura 30: Tiempo de repago de la iluminación Led para el sector de granalla.....	78
Figura 31: Tiempo de repago de la iluminación Led para el sector de pintura.....	80
Figura 32: Costos por recuperación de granalla .....	81
Figura 33: Pérdidas acumuladas de granalla .....	83

Figura 34: Costos trazabilidad de piezas .....	84
Figura 35: Ahorros mensuales por alternativa.....	85

## **ÍNDICE DE TABLAS**

Tabla 1: Factor de reflexión de cada material .....	54
Tabla 2: Cálculo de costos para luminaria .....	57
Tabla 3: Plan de Mantenimiento .....	60
Tabla 4: Piezas perdidas .....	62
Tabla 5: Costos de alternativas.....	63
Tabla 6: Análisis de la alternativa de chapita .....	63
Tabla 7: Factor de reflexión del sector de granallado.....	70
Tabla 8: Costo de la iluminación LED .....	71
Tabla 9: Análisis de tiempos .....	73
Tabla 10: Cálculo de costos de iluminación para el sector de pintura .....	77
Tabla 11: Cálculo de costos de iluminación para el sector de granalla .....	79
Tabla 12: Costos por recuperación de granalla.....	81
Tabla 13: Costos de implementación .....	83
Tabla 14: Comparación de costos de las propuestas.....	84

## **RESUMEN**

El presente trabajo tiene como eje el relevamiento de los procesos de granallado y pintado de piezas de una empresa metalmecánica de la ciudad de Mar del Plata y la búsqueda de mejoras para la realización de dichos procesos de una manera más eficiente desde el punto de vista económico. A partir del estudio de ambos sectores y en función de los conocimientos adquiridos en la carrera, teniendo como principales pilares la disminución de costos en los procesos empresariales y la búsqueda de mejores prácticas en la operatoria diaria, surgen las mejoras planteadas. De esta manera y luego de realizar una exhaustiva búsqueda de mejoras para cada uno de los problemas detectados y seleccionando los más adecuados desde el punto de vista económico, se plantea, por último, una gestión de implementación de mejoras, definiendo cuáles serían los momentos más adecuados para poner en práctica cada una de las soluciones planteadas, buscando el menor impacto en los procesos diarios de la empresa.

## **PALABRAS CLAVE**

Granallado, pintado, tiempos, diseño de instalaciones, rentabilidad, inversión, mantenimiento, retrabajo, planeamiento.



## **1. INTRODUCCIÓN**

El éxito empresarial dentro del mercado del Petróleo, Gas y minería exige una continua adaptación a un entorno altamente competitivo y cambiante, con la capacidad de satisfacer a clientes sumamente exigentes, brindando productos de calidad en los tiempos acordados.

La incertidumbre del precio del petróleo, con sus aumentos y disminuciones a lo largo del tiempo, significa un aumento o disminución de demanda de equipamiento para los pozos. Es por esto que las empresas de este rubro deben contar con la flexibilidad para adaptarse a un ambiente sumamente complejo y buscar alternativas de producción ante una disminución brusca de demanda.

En el siguiente trabajo se aborda un análisis y un relevamiento de los procesos empresariales más importantes de una empresa metalmecánica de la ciudad de Mar del Plata, dedicada al diseño, manufactura y comercialización de equipos de operación y transporte para servicios al pozo de la Industria del Petróleo-Gas, Minería y Construcción.

En un ambiente dinámico y complejo como lo es la industria del petróleo, es necesario poder mantener los costos lo más bajo posible, generando así una ventaja competitiva y un mayor beneficio para la empresa. Realizar un análisis técnico de los procesos empresariales, generará un uso más eficiente de recursos, manteniendo siempre la calidad del producto final. Además, las fluctuaciones en el precio del barril de petróleo tienen como consecuencia las oscilaciones en las ventas para la empresa, lo que genera la búsqueda de nuevos mercados y la realización de nuevos productos. Esta flexibilidad necesaria solo genera beneficios si la organización cuenta con procesos que permitan adaptarse, sin aumentar los costos de manera significativa.

Actualmente, la mayor ventaja competitiva de la empresa es la capacidad productiva con la que cuenta, pudiendo satisfacer las necesidades de clientes alrededor del mundo. Para poder mantener dicha ventaja y generar el mayor beneficio empresarial, es necesaria una correcta gestión de recursos, evolucionando y aprovechando los avances tecnológicos.

## **1.1 LA EMPRESA**

### **1.1.1 ANTECEDENTES**

Fundada el 17 de septiembre de 2004, QM Equipment S.A. nace con el propósito de competir en el diseño y construcción de equipamiento para la industria de servicio de atención a los pozos de petróleo y gas.

En sus comienzos la empresa comenzó sus trabajos en un pequeño taller de 750 m<sup>2</sup> alquilado, que no les resultaba eficiente. El esfuerzo y las ganas de crecer llevaron a su traslado al parque industrial en el año 2005, construyendo dos naves con puentes grúas que ocupaban media hectárea con 1.700 m<sup>2</sup> cubiertos.

En el año 2006 ingresa a la empresa el ingeniero Marcelo Guiscardo, para complementar la parte comercial. Gracias a la inclusión del ex ejecutivo de YPF y la situación internacional de incremento en los precios del petróleo y gas, en poco tiempo la compañía logró convencer a directivos de las principales firmas de servicio petrolero del mundo que operan en el país de algo que hasta entonces era impensado: que en la Argentina era posible diseñar y construir buena parte del sofisticado equipamiento que se requiere para la explotación de pozos petroleros.

Como consecuencia, en 2007 la empresa se vio obligada a ampliar sus instalaciones tomando parte de un terreno de 6 hectáreas y ampliando la fábrica en 2.300 m<sup>2</sup> adicionales para trabajar en 14 equipos simultáneamente, con 11 puentes grúas. Tras asegurarse una porción del mercado local, QM salió a competir en el exterior de igual a igual con prestigiosas firmas estadounidenses, canadienses, chinas y de otras partes del mundo, obteniendo resultados inéditos.

Toda esa situación hizo necesaria la incorporación de tecnología de punta (principalmente en el conformado de la chapa) para mejorar los tiempos de entrega y darle más flexibilidad a la producción. Esto requirió la extensión de las dos naves originales agregando 700 m<sup>2</sup> adicionales. La permanente atención a la calidad de los productos llevó a una nueva ampliación de una nave de pintura, dos de terminación y una de granallado para poder arenar y pintar simultáneamente. En síntesis, actualmente la empresa cuenta con una fábrica que en la actualidad posee más de 5.800 m<sup>2</sup>, que funcionan gracias a un nutrido grupo de ingenieros, diseñadores industriales y operarios calificados, totalizando más de cien empleados.

Es importante señalar que, a partir del 7 de abril de 2010, la empresa fue autorizada por la Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos para construir equipos a presión conforme el código ASME Sección VIII División 1.<sup>1</sup>

Además, Actualmente, la empresa cuenta con un Sistema de Gestión de la Calidad certificado bajo ISO 9001:2008 para diseñar, construir y comercializar equipos industriales.

### **1.1.2 ACTUALIDAD**

Actualmente, la empresa se encuentra ampliando sus instalaciones, con la adquisición de un nuevo terreno en el parque industrial, con la idea de aumentar el tamaño de su planta. Éste terreno se encuentra ubicado frente a las instalaciones actuales, y tiene un tamaño de 4,7 hectáreas.

A partir de la disminución del precio del petróleo en el año 2016, QM se vio obligada a diversificar su cartera de productos y comenzó a brindar así nuevos servicios para poder mantener sus beneficios anuales. Es por esto que la empresa decidió comenzar a ofrecer servicios técnicos y especializados a otras empresas, como la repotenciación de la usina 9 de Julio, instalación de cañerías de incendio y una nueva línea de producción para la empresa PepsiCo, diseño, fabricación e instalación de cinta transportadora para empresa Havanna S.A, entre otros.

Hoy en día, la empresa cuenta con aproximadamente 150 operarios, en su mayoría técnicos mecánicos, electromecánicos y automotores, y un total de 35 empleados de oficina, entre los que se encuentran ingenieros mecánicos, electromecánicos, electrónicos e industriales, técnicos mecánicos, licenciados en administración de empresas y empleados con más de 15 años de experiencia.

Consecuencia de este nuevo rumbo empresarial, QM decidió realizar un cambio de filosofía, acompañándolo con la modificación del logo (como se muestra en la figura N°1), que tiene un significado de “energía en expansión y adaptabilidad a los cambios”.<sup>2</sup>

---

<sup>1</sup> Información obtenida a partir del manual de calidad de QM Equipment.

<sup>2</sup> Expresión utilizada por el gerente general en la presentación del logo.

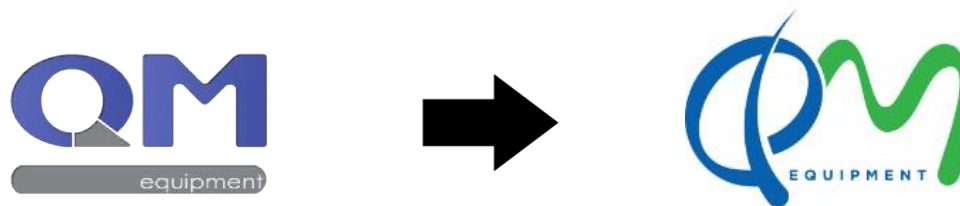


Figura 1: Logotipo de QM antes y después

Fuente: Elaboración propia

- Misión: QM desarrolla soluciones tecnológicas eficientes e innovadoras, manteniendo altos estándares de calidad, y realiza inversiones industriales a largo plazo para contribuir al desarrollo energético e industrial de la sociedad. Somos un equipo de trabajo con la capacidad, pasión y creatividad para enfrentar nuevos desafíos y adaptarnos a los requerimientos de nuestros clientes. QM busca el desarrollo personal y profesional de su capital humano, motivándolos a compartir sus metas y deseos.
- Visión: Ser líderes del desarrollo energético e industrial del país, por medio del diseño, fabricación y montaje de equipamiento industrial.
- Valores: flexibilidad, espíritu emprendedor, honestidad, compromiso con la calidad.<sup>3</sup>

## 1.2 CONTEXTO

### 1.2.1 CONTEXTO NACIONAL

En el plano nacional, en los últimos 15 años la producción de petróleo convencional presentó una tendencia decreciente, con menores equipos de perforación activos año a año.

En el año 2012, la industria petrolera argentina sufrió un gran impacto: se realizó la expropiación de YPF, la empresa petrolera más grande de Argentina, que había sido privatizada en el año 1992. La disminución de las reservas de petróleo durante la gestión de Repsol en YPF fue el principal motivo de la expropiación. Desde la adquisición por Repsol en 1999 y hasta fines de 2011 esa caída fue del 54 % en petróleo y del 97 % en gas.

---

<sup>3</sup> Misión, visión y valores extraídos del manual de calidad de QM Equipment.

La falta de inversión y una escasa producción, llevó a que, en 2011, por primera vez desde que se privatizó la empresa en los años 90, Argentina tuviera que importar más gas y petróleo del que produjo.

A partir de su expropiación, YPF comenzó una etapa de inversiones en el sector: cuadruplicó los pozos de exploración con respecto a los años anteriores, y aumentó un 33% la perforación de pozos de explotación.

Sin embargo, a fines del año 2015, la industria sufrió un proceso importante de ajuste, debido principalmente a la baja del precio de petróleo a nivel mundial. Esto generó una disminución de la inversión por parte de las empresas, y una gran caída en las ganancias.

Otro punto importante a tener en cuenta es el descubrimiento de vaca muerta, situado en la cuenca neuquina, en el año 2011. Dicho yacimiento es el segundo depósito más grande del mundo de recursos no convencionales de gas y el cuarto de petróleo. Este descubrimiento generó grandes inversiones en el país para la extracción de petróleo no convencional, no solo por parte de YPF (quien triplicó la cantidad de equipos de perforación entre los años 2011 y 2014) sino también de empresas extranjeras, como Chevron, Dow Chemical y Petrobras.

## 1.2.2 CONTEXTO INTERNACIONAL

A nivel mundial, el mercado del petróleo ha presentado características cíclicas a lo largo de la historia, con un precio que puede oscilar o variar en relación con los tiempos de prosperidad y niveles de consumo, la especulación, la cantidad de reservas disponibles y acontecimientos sociales importantes, sobre todo los de aquellos países productores y de países más consumidores. A lo largo de la historia los precios han oscilado dentro de un rango de los \$20 a \$150 dólares por barril aproximadamente.

Según el diario económico español “Cinco Días” y tal como se puede observar en la figura 2, las principales variaciones en el precio comenzaron en el año 2003, cuando el precio rondaba en los 25 dólares el barril. Allí comenzó un marcado ascenso, que siguió esa tendencia hasta el año 2008, cuando llegó a su pico de 146 dólares el barril. Este gran aumento del precio se debió principalmente al crecimiento de la demanda de China e India, y la fijación de la oferta a cierto nivel por parte de los países productores.

Sin embargo, en el año 2008, el precio comenzó a caer, producto de la recesión global y la disminución de la demanda, así como el aumento de la oferta de combustibles. Para diciembre de 2008, el precio del barril había descendido hasta los 35 dólares.

Posteriormente, gracias a la reactivación de las economías, y a los aumentos de la demanda por parte de las economías emergentes, el precio del petróleo comenzó a aumentar de gran manera, hasta el año 2012 donde se llegó a picos de 126 dólares.

Este precio se mantuvo relativamente constante hasta el año 2014, donde la desaceleración de la economía China y la caída en la demanda de Europa, produjeron que nuevamente vuelva a disminuir, llegando a un precio menor a 40 dólares. Mientras que, en los últimos años, ese precio se mantuvo en las cercanías de los 50 dólares el barril.



Figura 2: Cadena de valor y relación entre actores principales

Fuente: Elaboración propia

### 1.3 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA U OPORTUNIDAD

La oportunidad para el desarrollo de este trabajo surge a partir de la detección de problemáticas en el sector de granalla y pintura de una empresa de la ciudad. La empresa planifica contar con altos volúmenes de producción a partir de Julio de 2018, por lo que busca eliminar la mayor cantidad de retrabajos, realizándolos de la manera más eficiente.

Este trabajo busca realizar un análisis crítico del sector, buscando posibilidades de mejora y planificando la implementación de las mejoras para reducir los tiempos en el sector.

## **1.4 EXPLICACIÓN DE LOS OBJETIVOS**

### **1.4.1 OBJETIVO GENERAL**

- Evaluar el proceso actual de granallado y pintado de equipos de una empresa Metalmecánica de la ciudad y definir posibles mejoras.

### **1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Relevar los procesos principales de la empresa.
- Realizar un análisis crítico del proceso actual de granalla y pintura.
- Definir posibles alternativas de mejora.
- Realizar una estimación de costos y beneficios del proyecto
- Planificar la implementación de mejoras.

## **2. MARCO TEÓRICO**

### **2.1 ORGANIZACIÓN INDUSTRIAL**

#### **2.1.1 ESTUDIO DE PROCESOS**

El estudio de procesos o métodos se puede definir como el conjunto de procedimientos para someter a todas las operaciones de trabajo directo e indirecto a un análisis, con el fin de introducir mejoras que faciliten la realización del trabajo, y que permitan que éste se haga en el menor tiempo posible.

Los objetivos principales de esta actividad son aumentar la productividad, la confiabilidad del producto y reducir el costo por unidad, permitiendo así una mayor producción de bienes y servicios. También se busca economizar el esfuerzo humano para reducir la fatiga innecesaria, así como también aumentar la seguridad y crear mejores condiciones de trabajo con el fin de hacer más fácil, rápido, sencillo y seguro el desempeño laboral.

#### **2.1.2 ESTUDIO DE TIEMPOS**

Es una técnica para determinar con la mayor exactitud posible, partiendo de un número de observaciones, el tiempo para llevar a cabo una tarea determinada con arreglo a una norma de rendimiento preestablecido.

Se usa para determinar los estándares de tiempo objetivo para la planeación, cálculo de costos, programación, contratación, evaluación de la productividad, planes de pagos, etc. Se define como el procedimiento utilizado para medir el tiempo requerido por un trabajador calificado, quien trabajando a un nivel normal de desempeño realiza una tarea dada conforme a un método especificado.

#### **2.1.3 DIAGRAMA DE FLUJO**

Un diagrama de flujo es una representación gráfica de todos los pasos involucrados en un proceso completo o en un segmento específico de un proceso, estableciendo su secuencia cronológica. Los diagramas de flujo se conocen también como mapas de proceso y diagramas de flujo de procesos (Krajewski et al., 2008). La elaboración de estos diagramas es muy útil en las primeras etapas de la resolución de problemas porque permiten entender rápidamente lo que implica un proceso desde el principio hasta el final. A través de un



diagrama de flujo es fácil identificar las actividades de un proceso que causan problemas o que no agregan valor (Summers, 2006).

El lenguaje gráfico de los diagramas de flujo está compuesto de símbolos, cada uno de ellos tiene un significado diferente, lo que garantiza que tanto la interpretación como el análisis del diagrama se realicen de forma clara y precisa. Asimismo, para asegurar la interpretación unívoca del diagrama de flujo resulta necesario diseñar y escoger determinados símbolos a los que se les confiera convencionalmente un significado preciso, así como definir reglas claras con respecto a la aplicación de estos. Frecuentemente los símbolos que se utilizan para graficar diagramas de flujo se someten a un proceso de normalización, es decir, son diseñados para que su interpretación sea universal.

El Instituto Nacional Estadounidense de Estándares (American National Standards Institute, ANSI), ha desarrollado una simbología que se emplea en los diagramas orientados al procesamiento electrónico de datos con el propósito de representar los flujos de información de la cual se han adoptado ampliamente algunos símbolos para la elaboración de los diagramas de flujo dentro del trabajo de diagramación administrativa. La simbología propuesta se muestra en la figura 3.






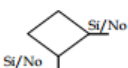



<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>	<b>¿Para que se utiliza?</b>
	<b>Inicio / Fin</b>	Indica el inicio y el final del diagrama de flujo.
	<b>Operación / Actividad</b>	Símbolo de proceso, representa la realización de una operación o actividad relativas a un procedimiento.
	<b>Documento</b>	Representa cualquier tipo de documento que entra, se utilice, se genere o salga del procedimiento.
	<b>Datos</b>	Indica la salida y entrada de datos.
	<b>Almacenamiento / Archivo</b>	Indica el depósito permanente de un documento o información dentro de un archivo.
	<b>Decisión</b>	Indica un punto dentro del flujo en que son posibles varios caminos alternativos.
	<b>Líneas de flujo</b>	Conecta los símbolos señalando el orden en que se deben realizar las distintas operaciones.
	<b>Conector</b>	Conector dentro de página. Representa la continuidad del diagrama dentro de la misma página. Enlaza dos pasos no consecutivos en una misma página.
	<b>Conector de página</b>	Representa la continuidad del diagrama en otra página. Representa una conexión o enlace con otra hoja diferente en la que continúa el diagrama de flujo.

Figura 3: Figuras del diagrama de flujo

Fuente: Kanawaty, 1998.

#### 2.1.4 DIAGRAMA DE RECORRIDO

Es un plano realizado a escala de la planta o zona de trabajo, en el cual se trazan los movimientos de los operarios, materiales o equipos durante la realización de la tarea que se desea estudiar. Se utiliza como complemento del cursograma analítico y se suelen utilizar los cinco símbolos de los cursogramas para observar lo que se realiza en cada punto. Los diagramas de recorrido permiten visualizar factores como tráfico cruzado, distancia recorrida y retroceso de unidades, a fin de analizar alternativas para optimizar el proceso (Kanawaty, 1998).

#### 2.1.5 LAYOUT

El layout, o distribución en planta, es un concepto que se vincula con la distribución de los elementos físicos en cierto espacio como parte de la estrategia empresarial de producción. Aunque puede parecer que la forma en la que las organizaciones disponen los muebles y los instrumentos de trabajo es intuitiva, el estudio del layout apunta a optimizar los tiempos y el trabajo de cada uno de los individuos y las máquinas.

El diseño de las instalaciones incluye la ubicación de la planta y el diseño del inmueble, la distribución de la planta y el manejo de materiales. El diseño o modificaciones del inmueble es un trabajo arquitectónico, y este debe estar muy ligado a la distribución planeada. La distribución es el arreglo físico de maquinarias y equipos para la producción, estaciones de trabajo, personal, ubicación de materiales de todo tipo y en toda etapa de elaboración, y el equipo de manejo de materiales. La distribución de la planta es el resultado final del proyecto de diseño de la instalación de manufactura.

Además de la mejora económica para la organización, una optimización en el layout puede reducir considerablemente el impacto ambiental de una empresa, así como reducir desperdicios y desechos, y minimizar la posibilidad de que ocurran accidentes en el ámbito laboral.

Para poder realizar modificaciones u ampliaciones en el layout de una planta, el procedimiento es el mismo que para una planta nueva excepto que hay más restricciones, entre las que se incluyen: paredes que ya existen, fosos, techos bajos y cualesquiera otros arreglos permanentes que representen un obstáculo para el flujo eficiente de los materiales.

Los objetivos de la distribución en planta son:

- Integración de todos los factores que afecten la distribución.
- Mínimas distancias en el movimiento del material.

- Circulación fluida a través de la planta.
- Utilización eficiente de todo el espacio.
- Seguridad para los trabajadores.
- Flexibilidad en la ordenación para facilitar reajustes o ampliaciones.

## 2.2 GESTIÓN DE LA CALIDAD

### 2.2.1 INFORMACIÓN DOCUMENTADA

La información documentada cumple un papel fundamental para un sistema de gestión de calidad, razón por la cual es un requisito dentro de las normas ISO 9001.

Ayuda a la empresa a:

- Evidenciar la planificación del sistema de la gestión de la calidad.
- Lograr trazabilidad en los procesos
- Comunicarse y transmitirse la información
- Aportar evidencia de que lo planificado se ha llevado a cabo
- Definir y comunicar las interacciones entre los procesos
- Lograr la conformidad de los requisitos del cliente
- Permitir, difundir y preservar las experiencias de la organización
- Evaluar la eficacia del sistema de gestión de calidad

La información documentada, según la norma ISO 9001:2015, sigue un orden jerárquico, donde se encuentran:



Figura 4: Jerarquía de la información documentada

Fuente: ISO 9001:2015

## 2.3 ANÁLISIS ECONÓMICO

### 2.3.1 ANÁLISIS DE INVERSIÓN

El análisis de proyectos de inversión se realiza a través de la evaluación de la rentabilidad. En función de los resultados obtenidos de la evaluación de la rentabilidad en comparación con los criterios de decisión que la empresa defina, el proyecto se acepta, se rechaza, o bien se proponen cambios para ajustar los puntos que determinan un retorno sobre la inversión menor a la expectativa de los empresarios.

Los criterios de aceptación de un proyecto individual o para la selección entre proyectos alternativos que se desarrollan son los que se aplican a un proyecto privado, ya que los proyectos sociales se encuentran sometidos a criterios de valoración diferentes.

El objetivo de un inversor o de una compañía es siempre maximizar las ganancias respecto a la inversión de capital necesaria para generar dichos ingresos. Si el propósito fuera sólo el de maximizar las ganancias, cualquier inversión que diera beneficios sería aceptable, no importando los bajos retornos o los altos costos. En consecuencia, conceptualmente, la rentabilidad es una medida de la ganancia obtenida por una actividad en relación a la inversión de capital necesaria para que esa actividad se realice.

Todo proyecto de inversión implica una acción a desarrollar durante un determinado número de años en el futuro. Debe tenerse en cuenta que la evaluación de la rentabilidad se basa en una predicción de futuros resultados, que necesariamente incluye suposiciones. Hay posibilidad de variaciones en la demanda o de los precios o fallas operativas que no siempre pueden ser previstas al momento de hacer la evaluación.

### 2.3.2 TIEMPO DE REPAGO

Se define como el mínimo período de tiempo teóricamente necesario para recuperar la inversión fija depreciable en forma de flujo de caja del proyecto.

La ecuación es aplicable sólo si todos los flujos de caja del proyecto son iguales. En

$$\text{Tiempo de repago} = \frac{\text{Inversión fija depreciable}}{\text{Flujo de Caja Promedio}}$$

caso de que el proyecto en análisis tenga flujos de caja crecientes o decrecientes, el tiempo de repago se debe determinar aplicando el método gráfico. El método gráfico consiste en

graficar en ordenadas el flujo de caja acumulado del proyecto y en abscisas los años del proyecto.

## 2.4 MANTENIMIENTO DE MÁQUINAS

Es el conjunto de acciones mediante las cuales se logra conservar y/o restablecer un activo (equipo o sistema de equipos), a un estado específico en el cual cumpla eficientemente un servicio determinado. El mantenimiento comprende actividades como: revisiones, mediciones, reemplazos, ajustes y reparaciones necesarias para vigilar y/o restituir un equipo o sistema de equipos a operar dentro del rango de parámetros especificados para el correcto cumplimiento de sus funciones. Su eficacia exige la elaboración de rutinas de mantenimiento, que comprenden cronogramas de trabajo para lograr la mayor eficiencia posible de las labores de mantenimiento. La clasificación fundamental de las tareas de mantenimiento se esquematiza en el diagrama de la figura 5, que se amplía como sigue en los aportes sucesivos.

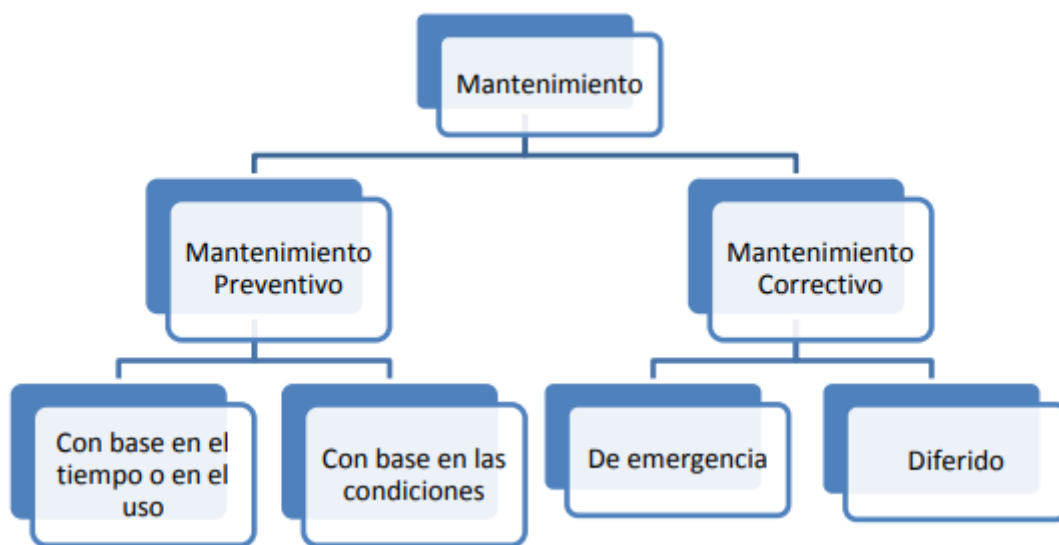


Figura 5: Clasificación del Mantenimiento

Fuente: Elaboración propia

### **2.4.1 MANTENIMIENTO PREVENTIVO**

Es aquel destinado a garantizar la fiabilidad de los equipos, con el fin de aumentar la vida útil de los mismos y prevenir accidentes o averías por deterioro. Un plan de mantenimiento ideal sería uno tal que, todas las acciones de mantenimiento realizadas fueran de tipo preventivas, ya que, permitirían la planificación y programación de las tareas a realizar, con una notable disminución de los tiempos de parada.

El mantenimiento tiende a ser considerado por las empresas como un gasto adicional y por lo tanto un factor negativo, sin embargo, el mantenimiento oportuno reduce los costos de falla aumentando además la productividad. Sus ventajas más importantes son la disminución de la cantidad de fallas y sus riesgos, por lo tanto, alarga la vida del equipo; la reducción de indisponibilidad del equipo; la reducción de los costos a la hora del reemplazo prematuro de los equipos, lo cual sucede al prolongar la vida de ellos; la disminución de las consecuencias de riesgo para los equipos, los operadores y el medio ambiente.

- Mantenimiento preventivo con base en el tiempo o en el uso: Con el objetivo de hacer frente a las fallas potenciales (previsibles), se puede aplicar un mantenimiento que tome en cuenta las horas de funcionamiento del equipo. Los procedimientos específicos suelen ser simples, y las frecuencias suelen establecerse sobre la base de análisis estadístico de los tiempos entre fallas, lo cual es consecuencia de un estudio prolongado.
- Mantenimiento preventivo con base en las condiciones o mantenimiento predictivo: Este mantenimiento se realiza basado en el seguimiento del estado del equipo, esto se logra al vigilar los parámetros clave del equipo en forma continua o intermitente. Para este tipo de mantenimiento se deben verificar los valores de las variables con el objetivo de analizarlas para planificar y programar los procedimientos necesarios a lo largo del tiempo.

### **2.4.2 MANTENIMIENTO CORRECTIVO**

Es el mantenimiento que se realiza después que un equipo falla, impidiendo el funcionamiento total o parcial del equipo. Se puede realizar durante la operación del mismo o durante el mantenimiento preventivo al detectarse la falla. Es la condición menos deseable para el mantenimiento ya que, en muchas oportunidades, cesan las funciones del equipo sin previo aviso y los daños suelen ser más graves.

- Mantenimiento correctivo de emergencia: Es aquel mantenimiento en el que se corrigen las fallas apenas éstas son detectadas, utilizando los medios disponibles destinados para este fin. Se pueden realizar durante el mantenimiento preventivo,

dependiendo de la gravedad de las averías. Al existir una avería que impide el funcionamiento total del equipo es preferible recurrir a la emergencia para reducir en lo posible la indisponibilidad.

- **Mantenimiento correctivo diferido:** Es el mantenimiento diferido es el mantenimiento que se puede posponer para ser realizado cuando haya tiempo para ello por tratarse de un equipo secundario o equipos que funcionan en paralelo en forma alternativa. Hay casos en que el mantenimiento diferido es mandatorio por razones diferentes. Entre otras: falta de tiempo para hacer la reparación porque no se quiere apagar el equipo, falta de materiales y herramientas para la reparación o también falta de personal especializado que se encargue del arreglo. Es un tipo de mantenimiento indeseable debido a que los equipos quedan fuera de servicio hasta su arreglo.

## **3. DESARROLLO**

### **3.1 ANÁLISIS DE LA EMPRESA**

#### **3.1.1 PROCESOS**

##### ***3.1.1.1 PROCESO DE PLANIFICACIÓN DE PRODUCCIÓN***

El proceso de planificación de producción abarca todos los procesos empresariales que comienzan con el primer contacto con el cliente en la comercialización del equipo y finalizan con la entrega de este, con los procesos intermedios de diseño (si es necesario), proceso de compras, proceso productivo y retroalimentación, considerando además los procesos de apoyo y gestión empresariales.



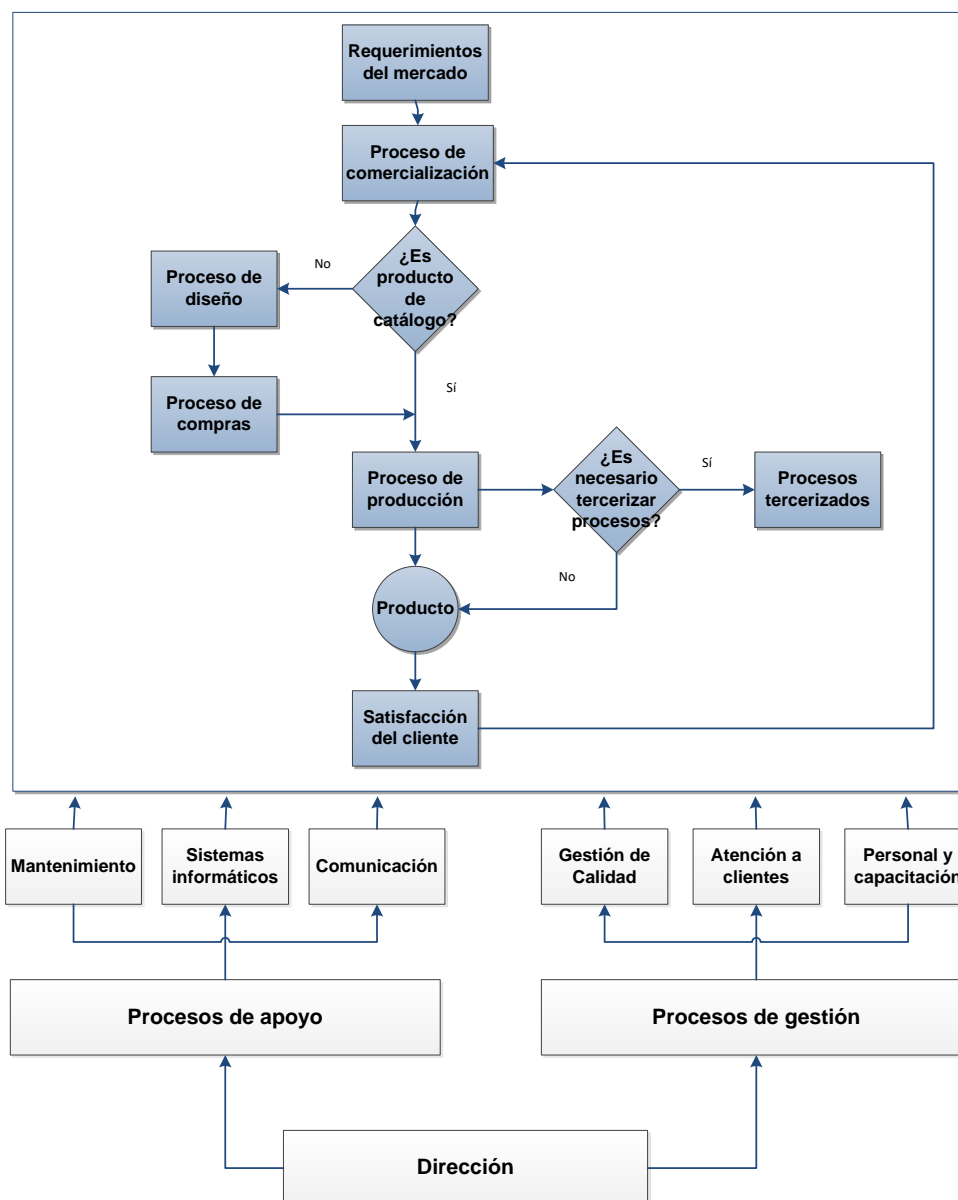


Figura 6: Diagrama de flujo de la planificación de la producción

Fuente: Elaboración propia

### 3.1.1.2 PROCESOS DE COMPRAS

Las compras dentro de la empresa se pueden dar a partir de:

- Compras generales o de stock

El personal (de oficina o Almacenes) en base a las necesidades de suministros confecciona la solicitud de pedido a través de la OM (orden de manufactura) correspondiente

al sector y da aviso al Departamento de Compras mediante correo electrónico para que se le dé curso al pedido realizado.

- Compras para proyectos productivos

El responsable de Ingeniería confecciona el listado de materiales requeridos a través del software de gestión de la empresa (Open RP). Una vez finalizada la carga debe dar aviso al líder de proyecto, quien crea la orden de manufactura, especificando producto solicitado, cantidades requeridas, fecha de solicitud y fecha de recepción requerida de acuerdo con la planificación. Luego debe dar aviso a Compras para que revise la correcta carga de los datos, y en caso afirmativo se emite la OM dando aviso vía correo electrónico al líder de proyecto y al responsable de almacén.

El responsable de almacén revisa el stock, lo descuenta de los pedidos realizados y asigna los materiales correspondientes al proyecto en cuestión tanto en el almacén virtual (sistema de gestión) como en la jaula física (depósito de materiales). Una vez finalizado este proceso debe dar aviso a Compras y al líder de proyecto vía mail, y además dejar una nota en la OM especificando la fecha de la finalización de revisión de stock.

El comprador revisa el listado de componentes a comprar y ante cualquier duda o ambigüedad consulta con el solicitante para rectificar o modificar el pedido. En caso de proponerse algún cambio respecto a lo solicitado, ya sea por disponibilidad o precio, Compras deberá consultar con el líder de proyecto y en caso de ser aprobado el cambio, este último debe modificar la OM previo a la ejecución de la compra.

El comprador realiza las compras directamente o con aprobación en función de las siguientes escalas:

a. Para compras habituales (lijas, lubricantes, Equipos de Protección Personal, etc.) inferiores a los US\$ 2.000 podrá emitir la PO (orden de compra) en forma directa sin solicitar presupuesto previo.

b. En caso de compras mayores a los US\$ 2.000 o de materiales no comunes, se deberá solicitar presupuesto a al menos dos proveedores u oferentes distintos.

c. En caso de compras mayores a US\$ 5.000 deberá, antes de emitir la PO, solicitar autorización a la Dirección.

Compras emite la Orden de Compra por sistema Open ERP a un proveedor seleccionado en función de la disponibilidad de material. Puede completar el pedido con más de un proveedor en caso de ser necesario.

Para las compras internacionales se mantiene el esquema de aprobación según monto en base al punto 5. Los documentos que registran los pedidos (confirmación de compra electrónica, invoice, shipping list, etc.) son el registro válido de la transacción efectuada.

El responsable de Compras, en función de la información recibida por el responsable de recepción retroalimenta la evaluación del proveedor.

Si la OM se emite por primera vez, será quien la emitió la persona encargada de verificar que se hayan completado todas las cotizaciones correspondientes (se genera automáticamente una cotización por producto pedido).

Si se agrega un producto a una OM ya emitida, será responsabilidad de esa persona verificar que se haya generado la cotización correspondiente y dar el aviso vía mail a todo el personal de compras y a almacén. Las compras serán efectuadas únicamente si almacén confirma que no hay stock<sup>4</sup>.

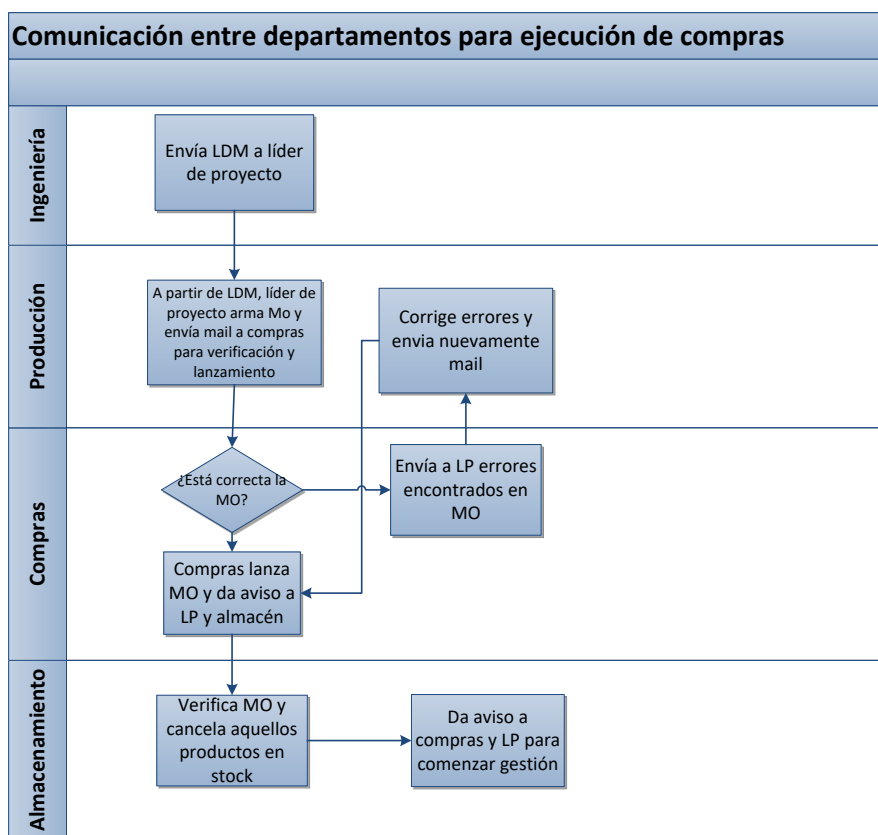


Figura 7: Diagrama de flujo de Compras

Fuente: Elaboración propia

### 3.1.1.3 PROCESO DE COMERCIALIZACIÓN

QM Equipment realiza productos por pedido, es decir, comienza su producción una vez solicitado el producto por parte del cliente. De esta manera, el proceso de comercialización

<sup>4</sup> Información provista por la empresa en procedimiento “Información de Compras”

comienza con un encuentro entre cliente y proveedor, donde el primero comunica sus necesidades a la empresa. A partir de dichas necesidades, QM evalúa si el equipo que el cliente necesita se encuentra dentro de su cartera de productos y de no ser así, comienza el proceso de diseño a partir de sus requerimientos.

Así, si el producto es nuevo y necesita realizarse el diseño, se confecciona un prototipo para evaluar si satisface las necesidades del cliente y de no ser así, se realizan los ajustes necesarios. Por otro lado, si el producto se encuentra dentro del catálogo, se evacúan todas las dudas en cuanto a diseño y el cliente realiza (o no) pedido de componentes adicionales en el equipo.

Una vez determinado el producto adecuado según los requerimientos del cliente, QM le envía una cotización, detallando componentes y cantidades necesarias para la producción, horas de producción necesarias y fecha de entrega.

Por último, una vez confirmada dicha cotización por parte del comprador comienza la producción para entregar el producto en tiempo y forma de acuerdo con lo estipulado.

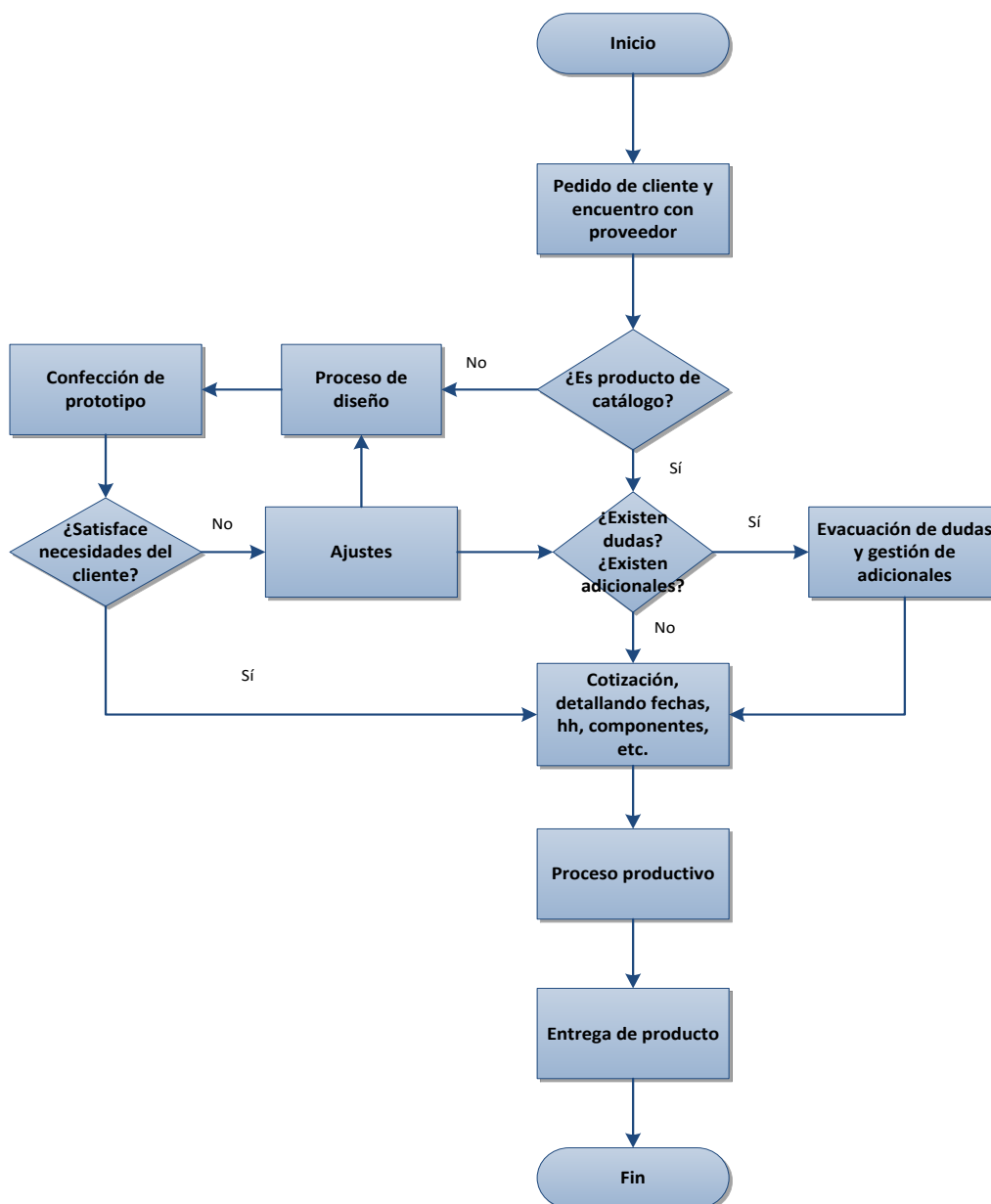


Figura 8: Diagrama de flujo de Comercialización

Fuente: Elaboración propia

### 3.1.1.4 PROCESOS DE PRODUCCIÓN

El proceso productivo empresarial abarca desde la recepción y corte de chapa hasta el montaje de piezas para la posterior entrega del equipo, con los procesos intermedios de metalurgia, granallado y pintado de la unidad.

Así, las principales tareas que se realizan en los sectores son las siguientes:

- Corte y plegado

El proceso de corte y plegado se realiza una vez definido el diseño y las especificaciones técnicas del equipo por parte de Ingeniería, donde se determinan las características de la chapa a utilizar (espesor, calidad, etc.), dimensiones, cantidad, entre otros.

Vale destacar que el proceso de corte y plegado comienza luego de la verificación de la existencia de chapas necesarias para las operaciones. Si el material es de uso poco frecuente, se debe esperar a que sea entregado por el proveedor, sin la posibilidad de utilizar material en existencia asignado a otro equipo. Por otro lado, si el material es de uso frecuente y aún no fue entregado y se encuentra en stock, el líder de proyecto puede optar por su utilización con la correspondiente reposición posterior.

Una vez corroborados los aspectos mencionados anteriormente, la oficina de Ingeniería envía los planos al respectivo líder de proyecto, quien los corrobora y los aprueba. Se imprimen dos copias por equipo, y a cada copia se le coloca un sello, donde se indica el número de serie del equipo, el supervisor al cual irán las piezas, la fecha de solicitud, la cantidad a procesar y las distintas operaciones que requiere el material. Además, en el plano se encuentran indicadas las dimensiones de las piezas a cortar, el tipo de chapa requerido, el nombre del equipo y los kg de chapa a procesar, dato necesario para llevar un control de los kg de chapa procesados por la empresa.

Así, el líder de proyecto se encarga de imprimir dos copias de todos los planos del equipo y se los envía al administrador del sector de Corte y Plegado. Es conveniente el envío de todos los planos juntos, para permitir al administrador del sector la planificación de tareas, teniendo en cuenta movimiento de materiales, secuencia de procesos, equipos en los que se utilicen las mismas chapas y se puedan ahorrar tiempos de movimientos, etc.

Una vez recibidos los planos, el administrador se encarga de enviar una copia al taller, mientras que la otra copia queda en la administración de corte y plegado, en la sección "en proceso". Terminado el proceso de la pieza, el plano pasa a la sección "finalizado".

La copia que es llevada al taller recorre el proceso junto a la pieza procesada, y, a medida que se le realiza cada operación, se le coloca la fecha en la que fue ejecutada y su duración. Estos tiempos (de procesos y de movimientos), son enviados al supervisor del sector, para poder obtener un indicador de tiempos utilizados para las operaciones de corte y plegado.

Las operaciones que se realizan dentro del sector y que se ejecutan de acuerdo con las especificaciones del plano son:

- Corte con guillotina

- Ajuste
- Corte con pantógrafo de plasma u oxicorte
- Serrucho
- Plegado
- Tornería
- Rolado

La trazabilidad de las chapas cortadas, para el correcto procesamiento posterior, se realiza indicando sobre la chapa el número de serie del equipo, el número de plano, el supervisor y la cantidad. Esto permite la correcta identificación de materiales, y evitar así el extravío de piezas.

Cuando se realiza la última operación, se llevan las piezas junto con el plano hacia un pallet asignado al equipo, y se da aviso a la administración de corte y plegado.

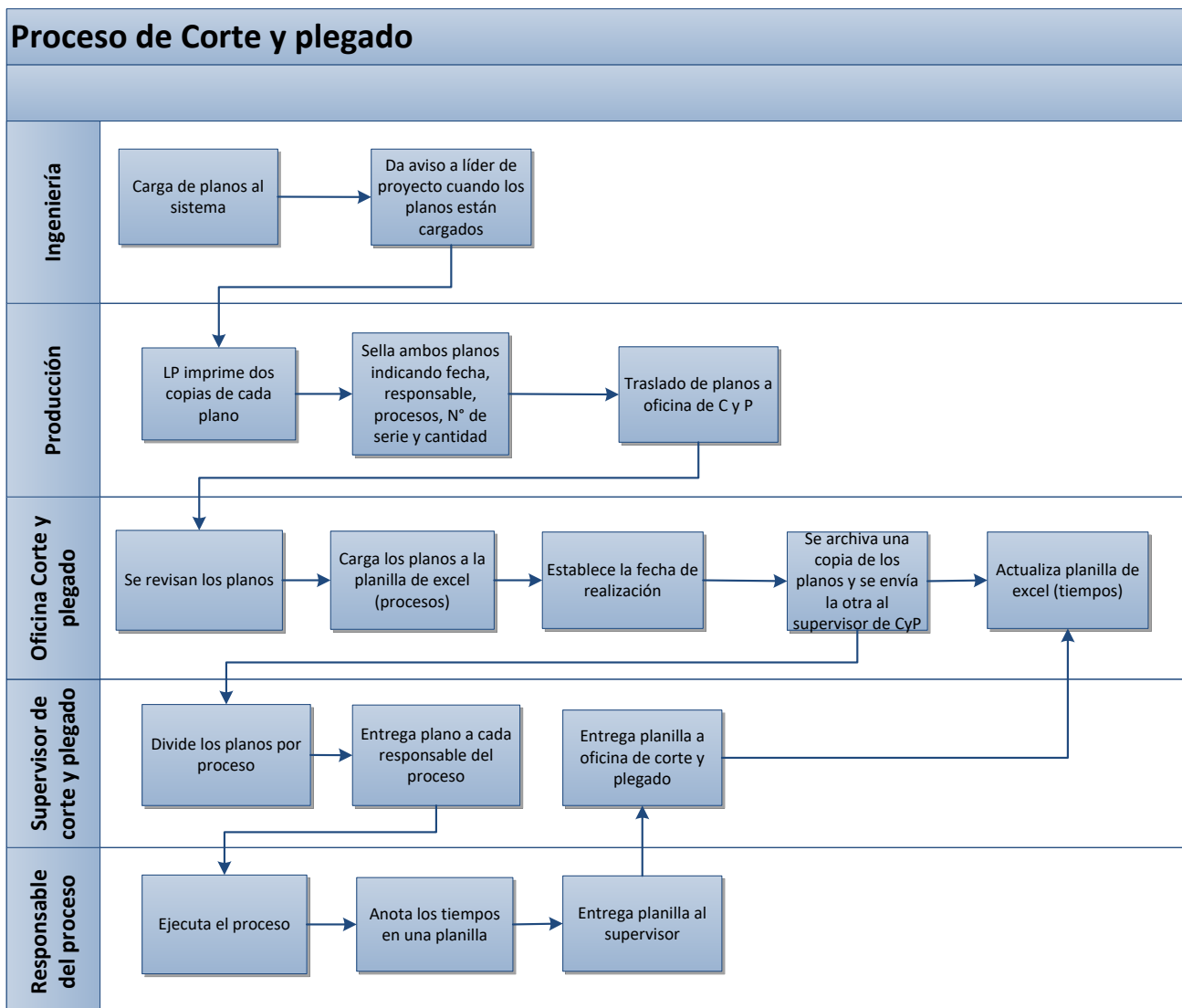


Figura 9: Diagrama de flujo de Corte y Plegado

Fuente: Elaboración propia

- Metalurgia

El siguiente proceso, una vez finalizado corte y plegado, es el metalúrgico, donde se produce el soldado de las piezas según la especificación de los planos. Así, el supervisor del área Metalúrgica retira las piezas cortadas de acuerdo a sus necesidades, con la correspondiente firma de conformidad de recepción al supervisor de corte y plegado.

Actualmente existen en la empresa tres sectores metalúrgicos: Uno que realiza tareas metalúrgicas sobre chapas de acero al carbono, otro que se encarga de la metalurgia de acero inoxidable para la conformación de tanques criogénicos y tolvas, y un tercer sector que se encarga de la construcción y ampliación de la planta en terrenos pertenecientes a la empresa.



De esta manera, el supervisor del sector metalúrgico se encarga de la distribución de tareas en su cuadrilla, teniendo en cuenta que para el soldado de piezas se necesitan por lo menos dos operarios, uno que se encargue del armado y otro de la soldadura propiamente dicha, primero punteando la pieza y luego realizando el cordón de soldadura de acuerdo a las especificaciones del proceso de soldadura pertinente.

Vale mencionar que el transporte de piezas dentro del sector se ejecuta en su mayoría mediante la utilización de puentes grúa, aunque también se emplean auto elevadores o zorras manuales para piezas de menor peso.

Una vez finalizada la construcción del chasis y los accesorios de la unidad, se realiza la instalación de los ejes y la alineación para de esta manera poder trasladar el equipo por los distintos procesos posteriores con la utilización de camiones.

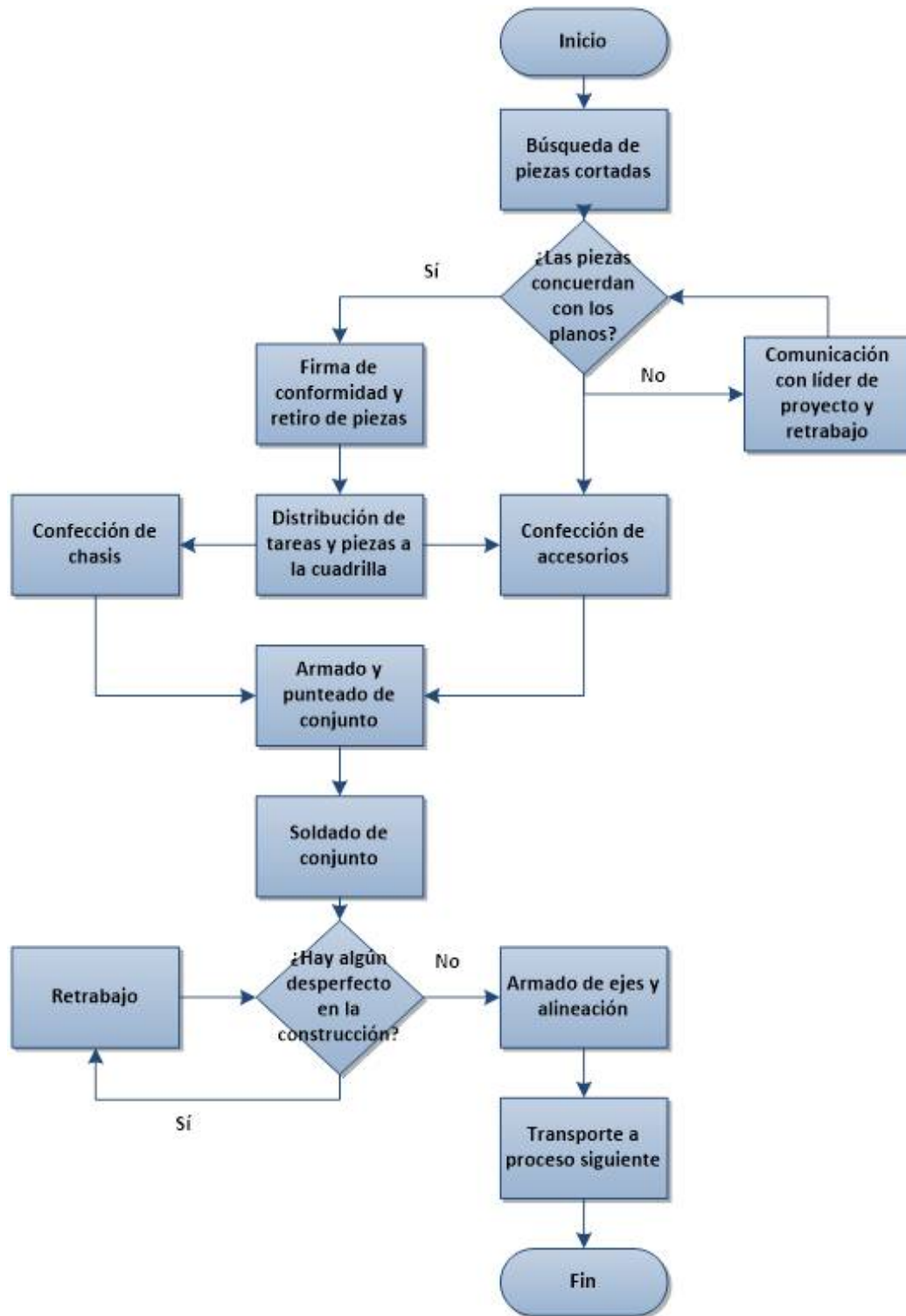


Figura 10: Diagrama de flujo de Metalurgia

Fuente: Elaboración propia

- Granalla

El proceso de granallado es el proceso posterior al de metalurgia, donde se aplica un chorreado abrasivo de metal para reforzar la superficie del equipo, limpiarla y pulirla. El chorreado se realiza a través del aire a alta presión, donde el abrasivo se acelera de forma neumática mediante aire comprimido y se proyecta a través de boquillas sobre el componente.

QM cuenta con una cabina de granallado, y por lo general dos operarios por turno, siendo uno de los únicos sectores donde se puede llegar a trabajar hasta dos turnos por día.

Las bolitas de metal son expulsadas a través de la manguera a una presión aproximada de 8 bares. Una vez que se vacía la tolva que contiene las partículas abrasivas, se soplan las bolitas hacia las puntas, levantan con palas y llenan carretillas para volver a llenar la tolva y comenzar el proceso nuevamente, eliminando a través de filtros el polvillo proveniente del proceso anterior.

Luego, el supervisor del sector de granalla y pintura supervisa si el granallado se realizó de manera correcta alcanzando todos los puntos y removiendo todas las impurezas y el equipo (o los accesorios) son trasladados al proceso siguiente.

Por último, las piezas correspondientes a accesorios del equipo son trasladadas desde el playón exterior hacia el interior de la cabina de manera manual, con la utilización de auto elevadores o zorras mecánicas para aquellos componentes muy pesados. Por otro lado, el chasis es trasladado hasta la cabina a través de camiones.

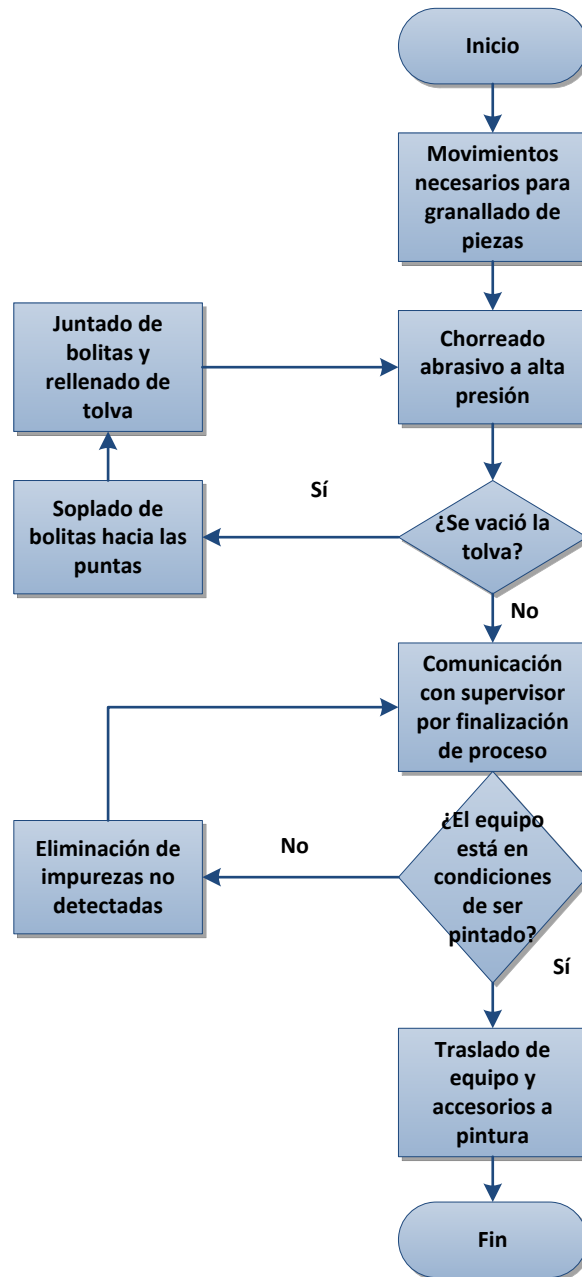


Figura 11: Diagrama de flujo de Granallado

Fuente: Elaboración propia

- Pintura

Luego del granallado de la unidad, el proceso siguiente es el pintado del equipo. Previo al pintado, se debe realizar el enmascarado y protección de componentes, como mangueras, filtros, chapas identificatorias, superficies roscadas, puntos de contacto eléctrico, indicadores y visores, agujeros pasantes como ejes y bridas, engrasadores, piezas mecanizadas de precisión, ruedas dentadas, entre otras.

Una vez finalizada la preparación previa, se realiza el pintado de la unidad: primero con una capa de pintura epoxi, que le brinda mayor resistencia a todo tipo de agresiones, incluyendo los impactos y las inclemencias del tiempo. En segundo lugar, se le aplica una capa de poliuretano de acuerdo a especificaciones como espesor de pintura, color, etc. En algunas ocasiones, se aplica una tercera capa de pintura, en este caso laca, brindando mayor protección y terminación a la unidad.

Para el caso de los accesorios, el supervisor de granalla y pintura se encarga de la inspección visual, observando que todos los componentes definidos en los planos hayan sido pintados de manera correcta y no existan faltantes. Proceso similar ocurre con el pintado del chasis, donde el supervisor corrobora que no existan partes sin pintar, como así también partes mal pintadas. Para ambos casos si el supervisor considera que el pintado no es satisfactorio, se realiza el lijado de la superficie y el repintado.

Por último, una vez que se ha finalizado el proceso de pintado de la unidad, se le notifica al líder de proyecto, quien coordina con el encargado de logística para trasladar el equipo al sector de montaje.

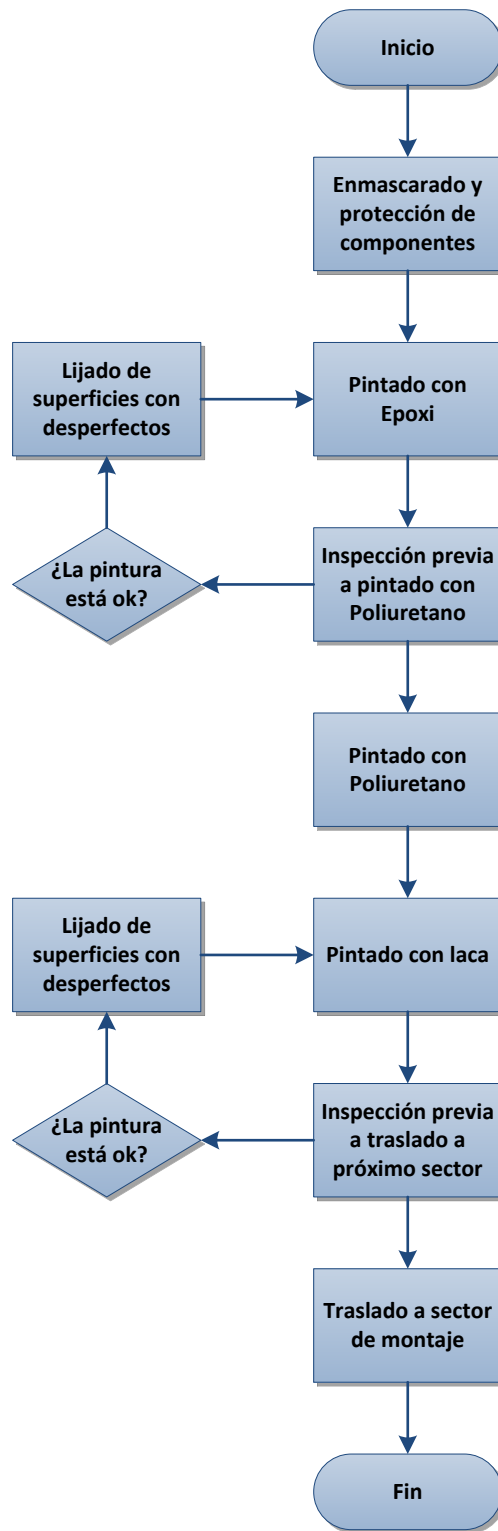


Figura 12: Diagrama de flujo de Pintura

Fuente: Elaboración propia

- Montaje

Este generalmente es el último proceso por el cual pasa la unidad, una vez finalizado el proceso de pintado del equipo.

El sector está dividido en montaje general y montaje eléctrico, cada cual con su respectivo supervisor general y cuadrilla. Así, los supervisores se encargan de la definición y asignación de tareas a realizar para cumplir con los requerimientos en tiempo y forma.

En cuanto a las instalaciones, el sector consta de un taller con catorce compartimentos numerados, donde se realizan las tareas de montaje de componentes comerciales y además existe un taller especializado de montaje eléctrico, donde se realizan los circuitos eléctricos de los distintos paneles de los equipos.

En este sector, se montan los componentes hidráulicos y neumáticos de los equipos, motores, transmisiones, radiadores, luces, sensores, guardabarros, barandas, etc. Además, se realiza el montaje de frenos y suspensión del equipo.

La etapa de montaje resulta crucial en el proceso productivo del equipo, ya que es el último por el que este pasa y trae consigo todos los atrasos generados en los demás sectores. Además, en este punto del proceso es muy importante contar con los componentes necesarios, ya que un material faltante con su posterior compra puede generar un atraso considerable en la entrega del equipo.

Los materiales asignados a cada equipo son separados y ubicados en jaulas en el sector de almacenamiento y dichas jaulas son trasladadas con autoelevadores al sector de montaje una vez que el supervisor los requiere. Finalizado el montaje de componentes, la jaula es devuelta al sector de almacenamiento y utilizada para otro equipo.

Por último, vale destacar que ciertos equipos, una vez finalizado el montaje de componentes, pueden ser sometidos a pruebas hidráulicas, de estanqueidad o de vacío o alguna otra revisión por parte del departamento de calidad.

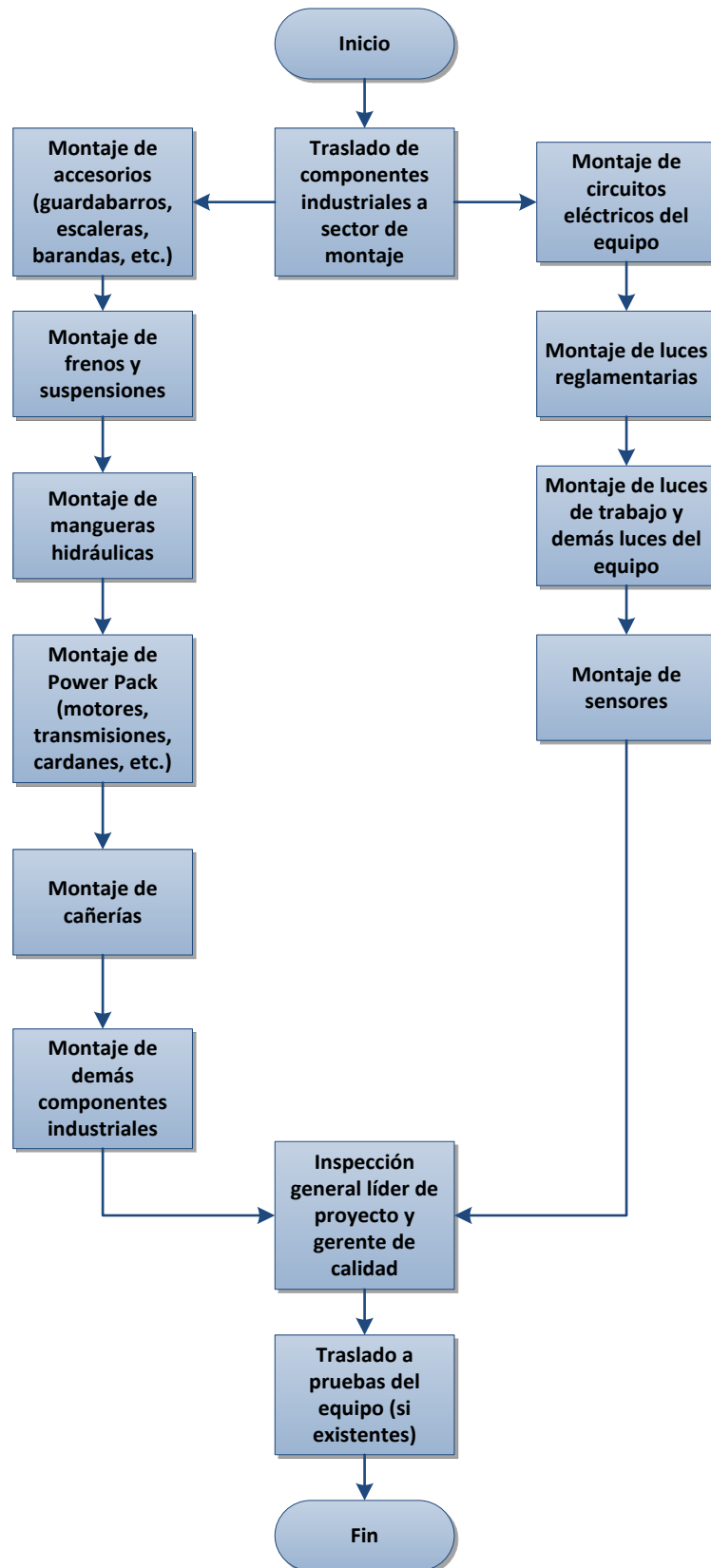


Figura 13: Diagrama de flujo de Montaje

Fuente: Elaboración propia



### 3.1.2 LAYOUT ACTUAL

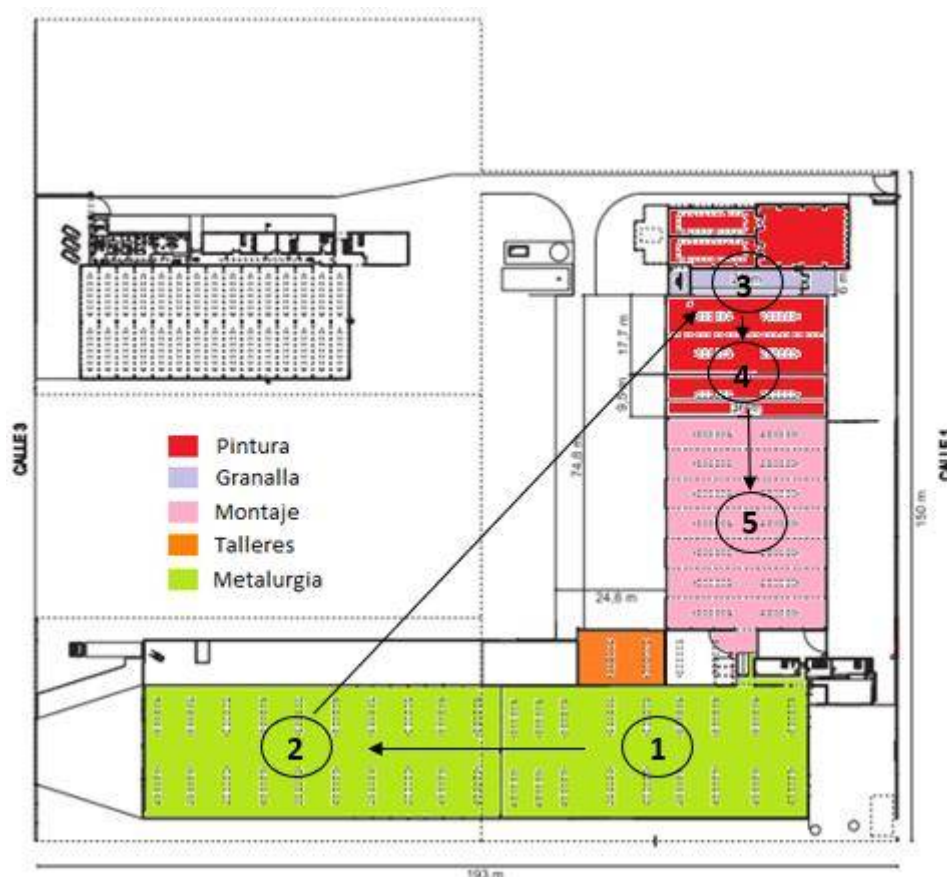


Figura 14: Layout actual

Fuente: Elaboración propia

### 3.1.3 FLUJO DE MATERIALES

Las chapas, principal insumo de QM, ingresan por la entrada principal de la empresa, ubicada en la calle 1 del parque industrial. Allí, en el sector de Corte y Plegado, se agrupan según el grosor y el tipo de metal, y quedan almacenadas. Como se puede observar en la figura 15, en dicho sector comienza el flujo de circulación: las chapas pasan por el sector Corte y Plegado (1), perteneciente a metalurgia. Luego, se lo transporta hacia el segundo sector de metalurgia (2), donde se realizan las soldaduras de todas las chapas, que previamente fueron cortadas y plegadas, se montan los ejes y se arma el chasis. De ahí, al equipo se lo lleva hacia Granalla (3), y finalizado el granallado se lleva hacia alguna de las dos cabinas de pintura (4). Por último, el equipo se traslada hacia el sector de Montaje, donde se le agregan los demás componentes: motores, mangueras, luces, transmisiones, etc. Estos insumos ingresan por la entrada trasera del pañol, ubicada en calle 3, donde quedan almacenados hasta ser requeridos en el sector de montaje. Una vez requeridos, son transportados hacia Montaje para finalizar el equipo.

### 3.1.4 ORGANIGRAMA<sup>5</sup>

#### Descripción de las funciones y responsabilidades

Las responsabilidades de los diferentes sectores que afectan a la organización comprenden:

#### Director

Es el responsable por la calidad de los productos y servicios que ofrece la empresa. Tiene autoridad para y es responsable de:

- Establecer objetivos generales y metas particulares para cada sector de empresa. Revisarlos según la frecuencia que más se precise para tomar las acciones en caso de que no se estén alcanzando.
- Aprobar los proyectos de venta. Determinar ofertas, promociones, descuentos.
- Establecer las condiciones de venta con los clientes.

#### Gerencia General

Tiene autoridad para y es responsable de:

- Aprobar los planes de capacitación (en temas, horas y contenidos).
- Coordinar las revisiones periódicas de los: proyectos en curso, de las auditorías de producto y de procesos productivos en planta, para ver que se están siguiendo buenas prácticas de trabajo y estas guías.
- Verificar que se emitieron informes de oportunidad de mejora, y confirmar que se han verificado que las acciones son efectivas (que sirve lo que se propuso hacer).
- Solucionar los inconvenientes por productos o servicios.

#### Gerencia de Calidad

Tiene autoridad para y es responsable de:

- Confeccionar y emitir el Manual de Calidad, Procedimientos e Instrucciones de trabajo.

---

<sup>5</sup> Información brindada por la empresa en su Manual de Calidad

- Programar y realizar auditorías internas al sistema de calidad, de procesos y de productos.
- Gestionar la documentación del sistema de calidad (que las personas en cada sector completan los registros y emiten los reportes definidos, con la frecuencia establecida).
- Verificar que se han identificado y registrar cualquier problema relativo a la calidad de los productos (productos no conformes) o sus revisiones de diseño en todas las instancias y nivel de la empresa.
- Analizar los productos no conformes en busca de tendencias (dentro de cada sector).

#### Gerencia de Ventas técnicas

Tiene autoridad para y es responsable de:

- Revisar globalmente el contrato establecido con el cliente y hacer las consultas ante dudas.
- Determinar junto con el cliente los datos de entrada del proyecto.
- Generar la información para que Diseño / Desarrollo confeccione las notas de ventas técnicas.
- Registrar las modificaciones en el contrato que se efectúen.
- Iniciar las gestiones para productos que deban adquirirse en el exterior.
- Establecer las comunicaciones con los clientes para definir detalles.

#### Gerencia de Ingeniería

Tiene autoridad para y es responsable de:

- Revisar las notas de ventas técnicas (especificaciones) en busca de detalles a consultar (para unificar la información, para retroalimentar al área de ventas y para generar los listados de materiales.
- Confeccionar las listas de materiales (la misma para almacenes y retirada por producción) y los planos.
- Generar por sí o por terceros los cálculos que se precisen para cada diseño.

#### Gerencia de Electrónica y Control

---

Tiene autoridad para y es responsable de:

- Revisar las notas de ventas técnicas (especificaciones) en busca de detalles a consultar (para unificar la información, para retroalimentar al área de ventas y para generar los listados de materiales en cuanto a componentes eléctricos / electrónicos se refiera.
- Confeccionar las listas de materiales (la misma para almacenes y retirada por producción) y los planos.
- Generar por sí o por terceros los cálculos que se precisen para cada diseño.

#### Gerencia de Producción

Tiene autoridad para y es responsable de:

- Abrir y cerrar la planta.
- Evaluar al personal.
- Verificar que la planta está operativa en cuanto a recursos de personal, materiales, cantidad de turnos necesarios.
- Verificar las medidas de productividad de la planta.
- Planificar la producción, estableciendo tiempos y prioridades, para cada sector. Emitir las órdenes de trabajo, imprimiendo los planos simplificados para taller.
- Efectuar el seguimiento del desarrollo, construcción y armado del producto solicitado, para ver que se respetan los estándares de calidad.

#### Gerencia de compras y abastecimiento.

Tiene autoridad para y es responsable de:

- Recibir las notas de pedido de Diseño/Manufactura para generar Notas de Pedido / Órdenes de Compra.
- Llevar al día la información en el Sistema de Gestión informático sobre llegada de productos, tiempo de entrega de los proveedores y tiempo de logística de los servicios que se contratan.
- Emitir y revisar las Órdenes de Compra.
- Evaluar a los proveedores.

#### Gerencia de Administración

Tiene autoridad para y es responsable de:

- Confeccionar los pagos a proveedores.
- Mantener informado al cliente sobre el estado de su crédito.
- Recibir cobros de clientes.

#### Gerencia de RRHH

Tiene autoridad para y es responsable de:

- Llevar los registros del personal.
- Gestionar exámenes médicos preocupacionales y postocupacionales.
- Generar los reportes a planta de las causas de ausentismo / llegadas tarde.
- Mantener actualizados los legajos de los empleados

#### Jefatura de Almacenes

Tiene autoridad para y es responsable de:

- Controlar los stocks en los distintos almacenes (exterior, interior, pañol).
- Realizar la inspección de recepción de todos los productos ingresados.
- Recibir y devolver los productos suministrados por los clientes.
- Definir los productos que van dentro de planta, fuera de planta.

Gestionar los almacenes.

- Mantener limpios, ordenados y etiquetados los almacenes exteriores e interiores.
- Relevar las entregas de los proveedores para generar la evaluación de los mismos.
- Realizar el alta y la baja de materiales.

#### Jefatura de Mantenimiento

Tiene autoridad para y es responsable de:

- Definir el Programa de Mantenimiento para máquinas e instalaciones (intendencia).

- Realizar el correcto mantenimiento de maquinaria e instalaciones de la planta.
- Combinar las fechas de mantenimiento y paradas, estableciendo los planes y frecuencias de inspecciones que se llevarán a cabo.
- Seleccionar nuevo equipamiento para planta para los procesos productivos, para facilitar tareas.
- Recibir a proveedores de servicio (gases), electricidad o contratistas de obras.

### Líderes de proyecto

Tiene autoridad para y es responsable de:

- Gestionar los proyectos empresariales, planificando la producción para entregar los equipos en la fecha estipulada.
- Administrar la correcta asignación de materiales de acuerdo a la planificación diaria.
- Realizar seguimiento de proyectos de acuerdo a lo planificado.
- Responder a consultas de supervisores de los distintos sectores.
- Responder ante solicitudes del cliente y atenderlos en las visitas a la planta para identificar avance de equipos.
- Gestionar modificaciones en equipos solicitadas por clientes.
- Entrega semanal de informes de avance de proyectos.

### Supervisores

Tiene autoridad para y es responsable de:

- Controlar el proceso de producción, aporta la mano de obra, para las tareas de inspección guiados por Control de Calidad.
- Registrar las horas empleadas para cada trabajo, incluidas las horas extras.
- Marcar / identificar los productos en elaboración.

Identificar o segregar los productos no conformes, informar para que se accione sobre esto.

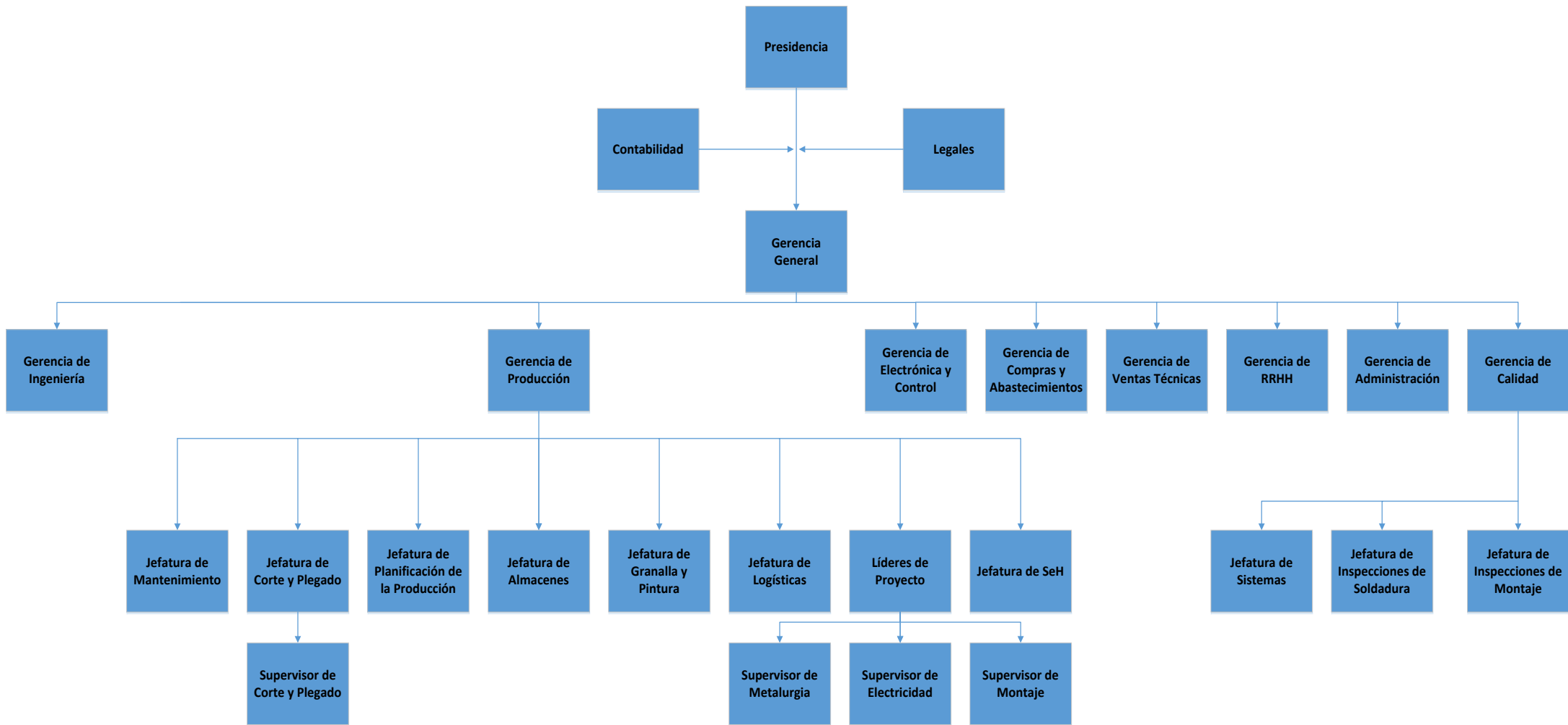


Figura 15: Organigrama de QM

Fuente: Elaboración propia

### 3.1.5 VOLUMEN DE VENTAS

A lo largo de los años, el volumen de ventas de la empresa sufrió fluctuaciones, con aumentos y disminuciones en los equipos entregados de un año a otro.

Esto es característico del mercado del petróleo, por su alta dependencia con el precio del barril.

En el siguiente gráfico se puede observar que el mayor volumen de ventas empresariales se dio en el año 2013, año en el que el precio del petróleo estuvo en uno de sus picos más altos (aproximadamente 126 dólares), mientras que el descenso del precio en el año siguiente significó una disminución drástica de equipos entregados (de 100 equipos en 2013 a 66 en 2014).

Ante esta disminución en el volumen de ventas y observando que el precio del petróleo se mantenía en valores bajos, la empresa buscó la diversificación de su mercado, ofreciendo servicios especializados a otras empresas como PepsiCo, Havanna, entre otras.

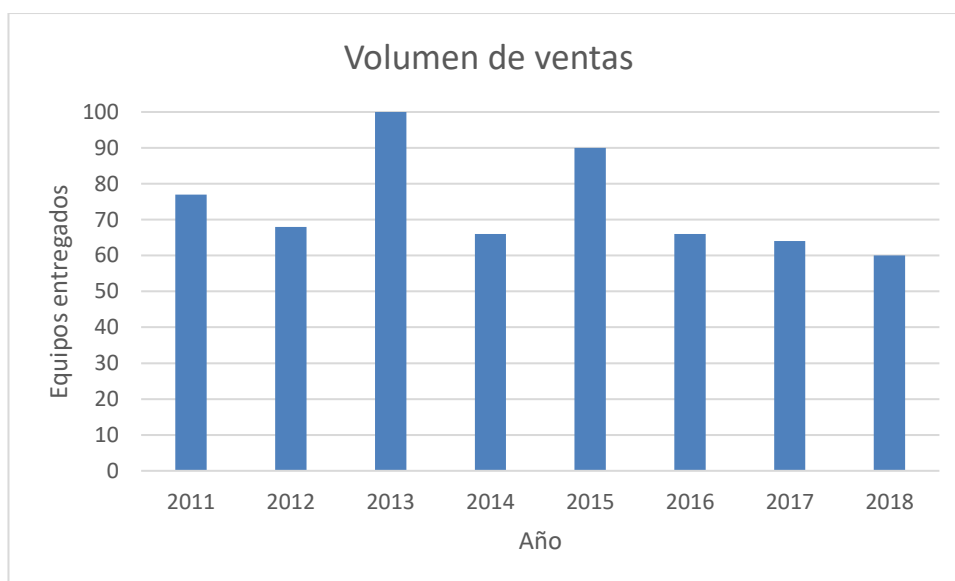


Figura 16: Volumen de ventas de QM desde el año 2011

Fuente: Elaboración propia

### 3.1.6 RECURSOS HUMANOS

La empresa cuenta con 39 empleados de oficina, entre ingenieros (electrónicos, eléctricos, industriales y mecánicos), administradores, licenciados en recursos humanos y licenciados en administración de empresas, diseñadores gráficos y técnicos.



Además, cuenta con aproximadamente 115 empleados de planta, entre ellos, oficiales, operarios especializados y operarios calificados.

### **3.2 ESTUDIO Y ANÁLISIS DE LOS SECTORES**

Dentro de la empresa se pueden identificar cuatro procesos principales, que se enumeran a continuación:

- Compras
- Comercialización
- Producción
- Ventas

A su vez, dentro de producción se encuentran cinco etapas:

1. Corte y plegado
2. Metalurgia
3. Granalla
4. Pintura
5. Montaje

Como se ha dicho anteriormente, el objetivo del trabajo es la detección de problemáticas en el sector de granalla y pintura, por lo que el trabajo estará centrado en el estudio detallado de estas dos etapas.

#### **3.2.1 EVALUACION DEL SECTOR DE PINTADO**

Se pudieron detectar las siguientes problemáticas en el sector:

- La iluminación no es la adecuada para un sector de pintado, donde se deben ver bien en los detalles. Esto genera que muchas veces el pintado no quede totalmente uniforme.
- La ventilación se encuentra en muy mal estado: hay equipos que actualmente no están en funcionamiento, y otros que no están en pleno funcionamiento. Esto trae dos problemas aparejados: durante el verano, se abren puertas y ventanas para

mejorar la ventilación, generando así el ingreso de polvo y el consecuente deterioro de la calidad del pintado; mientras que en invierno se mantienen cerradas para evitar que se humedezca el recinto.

- Falta de trazabilidad. Actualmente, la empresa no cuenta con un proceso uniforme de trazado de piezas previo al ingreso al sector de granalla. Al granallarse piezas de varios equipos a la vez, para luego ir al sector de pintura, la equivocación en el pintado es un problema recurrente. En reiteradas ocasiones el supervisor del sector debe mostrar fotos de piezas a los líderes de proyecto al no saber de qué color pintarlas, generando además equivocaciones y retrabajos.
- Falta de procedimiento para la entrega de piezas. Actualmente, la empresa no cuenta con un proceso de registro de entrega de piezas entre un proceso y el siguiente. Esto genera la pérdida de piezas, en la mayor parte de los casos luego del pintado, al no poder identificar qué piezas se recibieron del proceso anterior y qué piezas se entregaron al proceso siguiente. Esta falta de registros genera que, a la hora del montaje, falten piezas que deban reconstruirse en el sector de metalurgia, para luego ser granalladas y pintadas.
- La dinámica del proceso y los tiempos acotados con los que se trabaja por las altas exigencias de los clientes, en muchas ocasiones generan un mal pintado de la pieza por no dedicarle el tiempo necesario. Para reducir los tiempos, se pinta de manera apurada, con picos inadecuados, generando imperfecciones en el producto final. Esto genera una gran pérdida de tiempo posterior, debido al lijado y repintado de piezas inaceptables.
- Se detectaron tiempos excesivos en trabajos correspondientes a la limpieza de partes de los equipos que no deberían ser pintadas (roscas, mangueras, filtros, etc.) por falta de conocimiento de los empleados del sector de pintura.

### **3.2.2 EVALUACIÓN DEL SECTOR DE GRANALLADO**

Si bien el proceso de granallado es bastante simple, el mal estado edilicio del sector y de los elementos utilizados generan que sea uno de los sectores más problemáticos de la empresa, generando así un cuello de botella en el proceso. Además, existe un único espacio de granallado en la empresa, por el que todas las chapas deben pasar luego del sector de metalurgia. Algunas problemáticas de granalla son:

- El recinto, al igual que en el sector de pintura, posee una ventilación inapropiada para su funcionalidad, debido al mal estado de los equipos, generando un exceso de polvo

en suspensión. Esto, sumado a los precarios trajes que utilizan los operarios al granallar, generan que las personas inhalen polvo que, en concentraciones altas, puede ser perjudicial para la salud. Además, este exceso de polvo en el aire dificulta la visión durante el granallado, y genera que los operarios no puedan realizar el trabajo de manera correcta y eficaz (en muchos casos hay que volver a granallar).

- Iluminación inadecuada. El exceso de polvo en suspensión, sumado a una incorrecta iluminación aumenta los tiempos de granallado y disminuye la calidad del trabajo final.
- El sistema de recuperación de granalla es muy precario. Una vez utilizada toda la granalla, se la lleva con la pala o con el mismo aire de la manguera que tira la granalla. Se pierde mucho tiempo juntando (más de 40 minutos). La tolva tiene una capacidad de 1200 kg, pero el sistema tiene mucho desperdicio. El tiempo total de trabajo previo al relleno de la tolva es de aproximadamente 60 minutos.
- Se granalla una menor cantidad de tiempo del necesario, generando imperfecciones en las chapas granalladas (manchones negros). El metal granallado queda con rugosidad, pero no termina de levantar toda la kelmína.
- Otra problemática importante es la pérdida de granalla. La pérdida teórica es de 100 gramos por m<sup>2</sup> (lo que equivale a 5 o 6 kilos por día). Pero debido al mal estado de aislamiento del recinto, actualmente en QM se estima una pérdida aproximada de 9 kilos de granalla por día, perdiéndose gran parte por grietas en las paredes.
- Falta de trazabilidad de las piezas: debido a ser un proceso por el cual pasan todos los componentes de los equipos, se granallan en simultáneo piezas de distintas máquinas. Al no utilizar ningún método para separar las piezas por equipo, y realizar solamente un control visual, es común la confusión de piezas de los distintos equipos. Esta falta de identificación genera retrabajos posteriores por piezas pintadas de un color inadecuado, pérdida de piezas, entre otras. Actualmente, la trazabilidad se realiza marcando las chapas con liquid paper, indicando el número de pieza y el equipo al que corresponde. Esta identificación se pierde una vez que la pieza se granalla, por el fuerte impacto de las bolitas de metal sobre el material, perdiendo la trazabilidad para los procesos siguientes.
- Se registró un exceso de tiempos muertos, por falta de disponibilidad de medios para transportar piezas pesadas (autoelevadores o zorras mecánicas). Actualmente la empresa cuenta con dos autoelevadores, compartidos por todos los sectores y el sector de granalla no cuenta con zorra propia.

### 3.3 EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS

Se plantearán mejoras para los sectores de granalla y pintura en función de las principales problemáticas encontradas, para luego realizar un análisis cuantitativo y cualitativo de cada una para su posterior selección.

#### 3.3.1 SECTOR DE PINTADO

1. Uno de los principales problemas detectados en el sector de pintado es la iluminación. Para definir mejoras en el sector, al igual que en el recinto de granallado, se realizaron estudios de luminancia, en conjunto con el jefe del departamento de Mantenimiento de la empresa. Se tuvo en cuenta el Protocolo para la Medición de la Iluminación en el Ambiente Laboral, de uso obligatorio para todos aquellos que deban medir el nivel de iluminación conforme con las previsiones de la Ley N° 19.587 de Higiene y Seguridad en el Trabajo y normas reglamentarias (Resolución 84/12).

Así, se realizaron estudios para una adecuación del espacio de trabajo para cumplir con las normativas mínimas establecidas por Ordenanza de trabajo, permitiendo además un mejor desempeño del sector.

Cabe aclarar que el mínimo establecido en la Resolución 84/12 para cabinas de pintado es de 400 Lux para pulverización y de 1000 Lux para cabina de detalles. Por lo tanto, teniendo en cuenta que los equipos son adquiridos por compradores muy exigentes, y que se necesita un nivel de detalle extremo en el pintado, se buscará obtener un valor de iluminación superior a 1000 Lux.

Para llegar a este valor mínimo, se analizará la cantidad de luminarias LED que se deberán adquirir y la distribución de las mismas. Se descartó la opción de las lámparas convencionales de mercurio halogenado debido a su baja eficiencia, y la cantidad de energía que consumen en comparación a las lámparas LED.

#### **Estado actual de las cabinas**

En la actualidad se cuenta con dos cabinas de iguales proporciones, con luminarias de Mercurio halogenado, siendo necesaria la misma iluminación para ambas.

### **Cabina de pulverización N°1**

Se realizó una medición con luxómetro del sector en análisis y se observó que la misma se encuentra muy por debajo del mínimo, obstaculizando de esta manera las tareas a realizar por el personal y precarizando los trabajos.

A continuación, en la figura 18, se hace referencia de los valores obtenidos en cada uno de los subsectores en los que se dividió el sector para realizar las mediciones.

### Cabina de pintado N°1

120 Lx	186 Lx	120 Lx
160 Lx	172 Lx	116Lx

### VISTA EN PLANTA

Figura 17: Mediciones de lux de pintura N°1

Fuente: Elaboración propia

$$\text{Promedio de capacidad lumínica: } \frac{\Sigma \text{mediciones}}{N^{\circ} \text{ mediciones}}$$

$$\text{Promedio de capacidad lumínica: } \frac{120+186+120+160+172+116}{6} = 145 [Lx]$$

Como se puede observar, el valor obtenido en la medición es notoriamente inferior a los valores mínimos recomendables, por lo que se deberá adquirir un nuevo sistema de iluminación.

### **Cabina de pulverización N°2**

Se realizó la misma medición que en la cabina N°1, tal como se observa en la figura 19, se hace referencia de los valores obtenidos en cada uno de los subsectores en los que se dividió la cabina de pintado para realizar las mediciones.

## Cabina de pintado N°2

397 Lx	420 Lx	430 Lx
402 Lx	470 Lx	445 Lx

## VISTA EN PLANTA

Figura 18: Mediciones de lux en la cabina de pintura N°2

Fuente: Elaboración propia

Promedio de capacidad lumínica:  $\frac{\Sigma \text{mediciones}}{N^{\circ} \text{mediciones}}$

Promedio de capacidad lumínica:  $\frac{397+420+430+402+470+445}{6} = 427,33 [Lx]$

Como se puede observar el valor obtenido en la medición es superior al de la otra cabina, pero sigue siendo inferior al recomendado por la ordenanza para el tipo de tarea a realizarse. Por esto, en la cabina de pintado N°2 también se deberá adquirir un nuevo equipo de iluminación.

### **Mejoras planteadas para cabina N°1 y N°2**

Se estudió la instalación de reflectores LED de la marca "MACROLED", los cuales poseen una potencia de 100W cada uno.

Para calcular la cantidad de luminarias, la potencia de cada una, y la distribución, se siguió una secuencia de pasos recomendados por la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid.

La cabina de pintura posee unas dimensiones de:

- 5 metros de ancho
- 20 metros de largo
- 7 metros de altura

El primer paso fue determinar la altura a la que deberían ubicarse las luminarias, siguiendo las siguientes recomendaciones:

$$\begin{aligned} \text{Altura del plano de trabajo sobre el suelo} &= 0.85 \\ h' &= H - 0.85 \\ \text{Altura mínima: } h &= \frac{2}{3} h' \\ \text{Altura aconsejable: } h &= \frac{3}{4} h' \\ \text{Altura óptima: } h &= \frac{4}{5} h' \end{aligned}$$

Figura 19: Fórmulas altura iluminación

Fuente: Elaboración propia

Se decidió utilizar la altura aconsejable, es decir,  $h = \frac{3}{4} * h'$ , ya que, para cabinas de pintado, se recomienda no colocar las luminarias lo más alto posible, sino que en un punto intermedio. Como la altura del recinto es de 7 metros,  $h' = 6,15$  metros. Por lo tanto, la altura a la que se deberá colocar las luminarias es 5,3 metros de altura por sobre el plano de trabajo. Y la altura de las luminarias con respecto al suelo será de 6,15 metros.

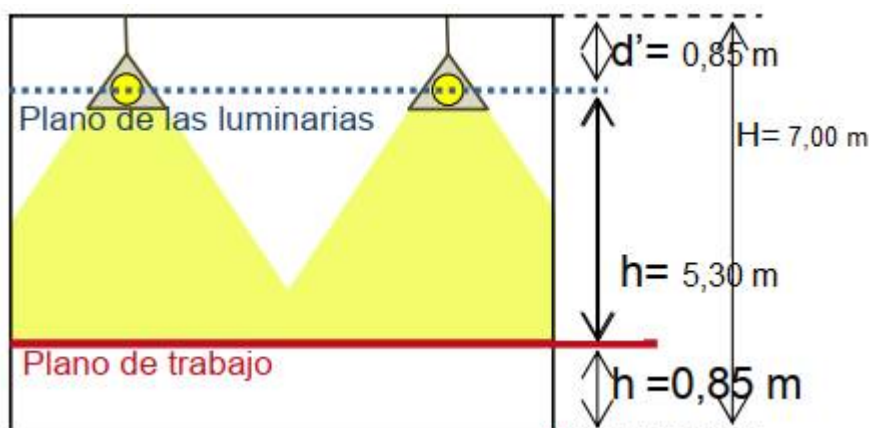


Figura 20: Altura iluminación

Fuente: Elaboración propia

A partir de la altura del recinto, se puede determinar que el tipo de luminaria que se requiere es del tipo "Semi intensiva", por lo que las distancias máximas entre las luminarias deberán ser menor o igual a  $1,5 \cdot h$  (altura sobre el plano de trabajo), lo que da una distancia máxima de 6,9 metros.

El segundo paso fue hallar el factor de reflexión del recinto. Para esto, se utilizó la siguiente tabla:

Color	Factor de Reflexión	Material	Factor de Reflexión
Blanco	0.70-0.85	Mortero claro	0.35-0.55
Techo acústico blanco, según orificios	0.50-0.65	Mortero oscuro	0.20-0.30
Gris claro	0.40-0.50	Hormigón claro	0.30-0.50
Gris oscuro	0.10-0.20	Hormigón oscuro	0.15-0.25
Negro	0.03-0.07	Arenisca clara	0.30-0.40
Crema, amarillo claro	0.5-0.75	Arenisca oscura	0.15-0.25
Marrón claro	0.30-0.40	Ladrillo claro	0.30-0.40
Marrón oscuro	0.10-0.20	Ladrillo oscuro	0.15-0.25
Rosa	0.45-0.55	Mármol blanco	0.60-0.70
Rojo claro	0.30-0.50	Granito	0.15-0.25
Rojo oscuro	0.10-0.20	Madera clara	0.30-0.50
Verde claro	0.45-0.65	Madera oscura	0.10-0.25
Verde oscuro	0.10-0.2	Espejo de vidrio plateado	0.80-0.90
Azul claro	0.40-0.55	Aluminio mate	0.55-0.60
Azul oscuro	0.05-0.15	Aluminio anodizado y abrigantado	0.80-0.85
		Acero pulido	0.55-0.65

Figura 21: Factor de reflexión por material y color

Fuente: [www.luminotecnico.blogspot.com](http://www.luminotecnico.blogspot.com)

Fuente: [www.luminotecnico.blogspot.com](http://www.luminotecnico.blogspot.com)

Con esos valores, se extrajo el factor de reflexión del piso, la pared y el techo del recinto de iluminación:

		Factor de Reflexión
Color de techo (P1)	Chapa Gris	0,55
Color de pared (P2)	Blanco	0,75
Color de piso (P3)	Hormigón claro	0,4

Tabla 1: Factor de reflexión de cada material

Fuente: Elaboración propia



Luego, se debió calcular el índice del local, a partir de la siguiente ecuación:

Para luminarias de tipo directo:

$$K = \frac{a \times b}{h(a + b)}$$

Así, el k resultante (factor que tiene en cuenta la reflexión del recinto) fue de 0,571. Éste, junto con los factores de reflexión, permiten hallar el rendimiento lumínico del local, a través de la tabla de Cálculo de Rendimiento del Local (nR).

Con estos valores, se determinó que el rendimiento del local es de 0,93. Y, teniendo en cuenta que el rendimiento de la luminaria es aproximadamente 0,9, se puede determinar que el rendimiento total de la luminaria es de 0,837.

El siguiente paso fue determinar el factor de conservación de las luminarias. Al ser un ambiente en el cual se genera mucho polvillo, éste generará que las luminarias no tengan un grado de conservación alto. Por lo tanto, se eligió un factor de 0,60.

Con todos estos datos calculados, se utilizó la siguiente fórmula para determinar el flujo luminoso total requerido por el recinto:

$$\Phi = \frac{E_m \times S}{\eta \times f_c}$$

Donde:

$\Phi$  = Flujo luminoso total necesario (lúmenes)

$E_m$  = Iluminancia media (lux)

$S$  = Superficie que hay que iluminar ( $m^2$ )

$\eta$  = Rendimiento de la iluminación

$F_c$  = Factor de Conservación de la instalación.

Se determinó entonces que el flujo luminoso total necesario en el sector de pintura es de 118.400 lúmenes. Si se colocan reflectores LED de 100 watts (generando cada uno un flujo luminoso de 8.950) se necesitarían un total de 14 luminarias como mínimo.

En base a esto se planteó la siguiente ubicación de las luminarias:

### **Vista frontal**

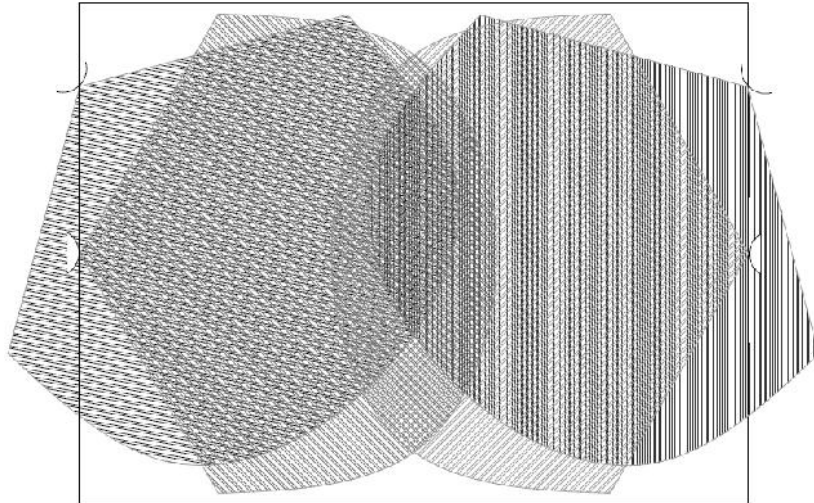


Figura 22: Vista frontal de la iluminación en la cabina de pintura

Fuente: Elaboración propia

### **Vista Lateral**

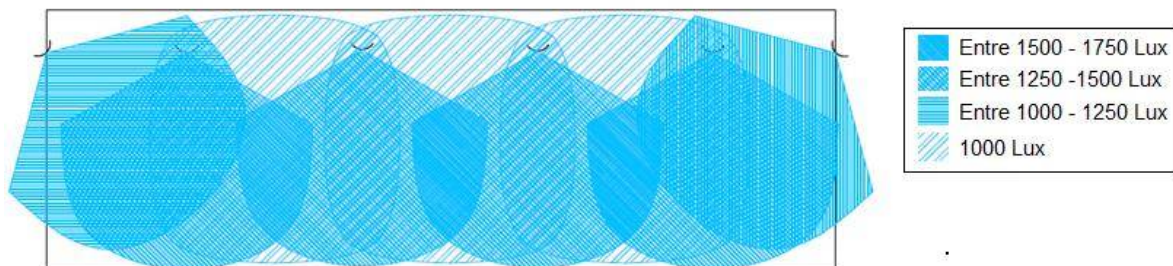


Figura 23: Vista lateral de la iluminación en la cabina de pintura

Fuente: Elaboración propia

En base a la superposición de luces, se obtendría un promedio por encima de los 1000 Lux aproximadamente en la totalidad de la cabina, siendo la parte superior de la cabina la intensidad lumínica será menor, no siendo un problema ya que la zona de interés es la que se ubica en la parte central de la cabina.

### **Análisis de costo lámparas Led**

Se analizarán los aspectos económicos que conllevará el cambio de la iluminación en la cabina de pintura. Para esto, se realizaron los cálculos de los costos iniciales de adquisición de los equipos halógenos y LED, se estudió el ahorro en el consumo que provocaría la luminaria LED, y el tiempo de repago que tendría la inversión:

<b>Reflector Macro led 100W</b>	
Costo x un. [USD]	50
<b>Costo total 14 un. [USD]</b>	<b>700</b>
<b>Costo Instalación [USD]</b>	<b>70</b>
<b>Costo total [USD]</b>	<b>770</b>

	<b>Unitario</b>	<b>Instalación completa</b>	<b>Total</b>
<b>Consumo instalación Led [W]</b>	100	1400	1400
<b>Consumo instalación halógena [W]</b>	400	4800	6300
<b>Consumo instalación halógena [W]</b>	150	1500	

<b>Costo KW/h = USD 0,056<sup>6</sup></b>		
	<b>Consumo energético [KW/H]</b>	<b>Costo total [USD/H]</b>
<b>Consumo instalación Led</b>	1,4	0,153
<b>Consumo instalación halógena</b>	6,3	0,352
<b>Ahorro con LED</b>	4,9	0,199

Tabla 2: Cálculo de costos para luminaria

Fuente: Elaboración propia

Como la mejora en el sistema de iluminación se debe llevar a cabo para las dos cabinas de pintura, se requerirán entonces 28 luces Led de 100 KW, que representarán un costo de USD1.540 (incluyendo la instalación), y tendrán un ahorro de 0,398 USD por hora de uso.

2. Otro de los principales problemas del sector es la mala ventilación de los recintos de pintado debido al mal mantenimiento de los ventiladores, lo cual genera deterioro en el pintado de los equipos, y un mayor tiempo de secado debido a la alta humedad en el ambiente.

<sup>6</sup> Datos suministrados por EDEA S.A.

Para solucionar este problema, la alternativa que se analizó fue la realización de un plan de mantenimiento, el cual mejore el funcionamiento de los equipos de ventilación del sector de pintura, para así reducir los niveles de humedad y temperatura del ambiente. De esta forma, se reducirían los tiempos de secado de los equipos, aumentando la eficiencia del sector.

La puesta en marcha de un adecuado programa de mantenimiento de los equipos de ventilación contribuirá a mejorar el estado de conservación, a evitar posibles averías, y de esta manera mejorar el flujo de aire limpio. Además, contribuye a:

- Mayor salubridad e higiene en el ambiente: Se reducirán los niveles de partículas en suspensión que provocan molestias respiratorias y reducen la visibilidad al realizar el granallado.
- Prolongar la vida útil de los equipos: Realizando un adecuado mantenimiento preventivo y correctivo cuando fuera necesario, se podrá minimizar los costos en posibles reparaciones y disponer de un sistema en óptimas condiciones durante un largo periodo de tiempo.
- Ahorro de costos: Además de reducir los gastos por posibles averías en los equipos, la realización de un buen mantenimiento generará una mayor eficiencia y rendimiento del sistema y por tanto un ahorro en el consumo energético.

La calidad del aire interior dependerá en gran medida de su estado en condiciones óptimas. Algunas de las tareas a realizar en el plan de mantenimiento son:

- Limpieza de filtros y conductos: El mantenimiento de los conductos en los sistemas de ventilación es muy importante ya que con frecuencia se acumula suciedad en su interior, lo que incrementa el riesgo de formación de microorganismos. La limpieza de conductos deberá realizarse mínimo cada 3 meses, siempre y cuando se hayan limpiado los filtros de forma regular cada un mes. El sistema de limpieza utilizado para los conductos deberá realizarse con cuidado para no dañar el revestimiento interior de los mismos.
- Limpieza de los ventiladores: Los ventiladores se deben limpiar al menos cada un mes. En este proceso será fundamental limpiar cada aspa del ventilador por igual para evitar posibles desequilibrios en el funcionamiento del motor al ponerlo de nuevo en funcionamiento.
- Comprobación visual de la rotación de los ejes, correas, tornillos de soporte, chumaceras y poleas: La inspección diaria de dichos elementos conllevará a tener un mayor control y seguimiento, previendo los cambios y ajustes a realizar para mejorar

el funcionamiento. Algunos de los aspectos a analizar al inspeccionar son: Signos de desgaste, grietas, tensión, ruidos, temperaturas, etc.

- Verificación de pérdidas en el estator y en rotor del motor, del par de motor, y del sistema de control: Realizar estas tareas y llevar un control y un seguimiento es fundamental para mantener en buen estado a los equipos, actuando a tiempo cuando algún valor se encuentra fuera de lo normal, evitando además que el motor trabaje con baja eficiencia.
- Prueba de aislamiento del motor, y control de conexiones a la red y a tierra: Es obligatorio realizar un control sobre estas tareas, con la finalidad de proteger a los operarios que puedan estar en contacto con ellos, brindando una mayor seguridad.

Se generó así, un plan de mantenimiento, detallando las tareas que se deberán realizar para mejorar la conservación de los equipos, tanto en los aspectos mecánicos como eléctricos. Se creó una planilla, como se observa en la tabla 3, dónde se indican todas las tareas a realizar, la periodicidad, los tiempos de cada tarea y los cambios de elementos realizados. Dichas planillas deberán ser completadas por los operarios de mantenimiento, para luego ser analizadas por el supervisor de mantenimiento, con el fin de poder llevar un seguimiento.

PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE VENTILADORES INDUSTRIAL						
Sector		Fecha:				
Máquina		Hora:				
Supervisor		Responsables				
Tipo de reparación	Predictivo					
	Preventivo					
	Correctivo					
SISTEMA MECÁNICO	Diario	Mensual	Trimestral	Semestral	Tiempo Total(min)	Elementos Cambiados
Verificar la rotación del eje (antes de ejecutar el trabajo)	X				5	
Inspección de tornillos de soporte			X		60	
Inspección visual de la correa	X				5	
Inspección visual de chumaceras	X				5	
Inspección visual de poleas	X				5	
Cambio de chumaceras				X	120	
Cambio de correas				X	120	
Limpieza de filtros, conductos y ventiladores			X		60	
SISTEMA ELÉCTRICO						
Verificador de pérdidas en el estator y en rotor del motor			X		60	
Inspección y limpieza general del lado interno y externo del motor			X		180	
Prueba de aislamiento del motor			X		60	
Lectura de voltaje y corriente de motor		X			30	
Limpieza de las borneras de conexión		X			60	
Verificar el par de motor			X		60	
Verificar el sistema de control de motor			X		75	
Verificar conexiones de motor a la red y a tierra	X				10	
Mantenimiento general de pintura				X	240	
OTROS						

Tabla 3: Plan de Mantenimiento

Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la Tabla 3, la realización del plan de mantenimiento incluye tareas diarias, mensuales, trimestrales y semestrales.

Anualmente, realizar el plan de mantenimiento del equipo de ventilación para el sector de pintura, representará un total de 192,33 Horas Hombre, que se distribuyen según la periodicidad de las tareas:

- Mantenimiento diario: 120 HH
- Mantenimiento mensual: 18 HH
- Mantenimiento Trimestral: 38,33 HH
- Mantenimiento Semestral: 16 HH

Con la realización del plan de mantenimiento se busca mejorar las condiciones de los trabajadores y la calidad del pintado de las piezas, además reducir el tiempo de secado de los equipos, generando mayor eficiencia en el sector y una reducción de costos para la empresa.

Para llevar a cabo el plan de mantenimiento, se deberán realizar capacitaciones al personal de mantenimiento y a los operarios del sector de granallado, con motivo de instruir adecuadamente acerca de las actividades previstas a realizar según el plan.

3. Otro problema detectado fue la falta de trazabilidad. Al no tener un proceso uniforme para el trazado de piezas, muchas veces se mezclan piezas de varios equipos, y luego se pintan de otro color, generando retrabajos, y de esta manera, pérdida de tiempo y de pintura.

Uno de los principales problemas de la planta, en especial en el sector de granalla y pintura, es el sistema de trazabilidad. Un sistema de trazabilidad es un conjunto de disciplinas que, coordinadas entre sí, permiten obtener el seguimiento de las piezas o productos a lo largo del proceso de producción. Al hacer el seguimiento, este sistema permite conocer el histórico, la ubicación y la trayectoria de un producto.

El encargado del sector de corte y plegado debe identificar cada una de las chapas una vez que se realiza el proceso correspondiente, para luego continuar con el proceso de metalurgia.

Pero el problema surge cuando las piezas llegan al sector de granalla. Allí, debido a la potencia con que se realiza el granallado, este código que se encontraba marcado en las piezas se borra, por lo cual queda sin ningún tipo de identificación. Y el problema es aún mayor, ya que piezas de distintos equipos son granalladas al mismo tiempo, por lo que muchas veces se mezclan, y luego cuando pasan al sector de pintura son pintadas de un color diferente al que debería haberse pintado. Esto, genera una gran pérdida de tiempo y de pintura debido al



retrabajo, ya que además dichas piezas mal pintadas se deben lijar antes de volverlas a pintar del color correcto.

Como se puede observar en la tabla 4, no son pocos los casos en los que ocurre la pérdida de piezas. En el año 2018, se identificaron un total de 72 casos de confusión de piezas, con la consecuencia del pintado incorrecto, lo que representa un promedio de 6 piezas por mes. Para realizar una estimación del tiempo total de retraso que este percance conlleva, hay que tener en cuenta: el tiempo por la búsqueda de la pieza; el tiempo de lijado y repintado; y el tiempo de secado. Debido a estos factores, el tiempo promedio de retrabajo por pieza perdida es de aproximadamente 6 horas.

Además, en promedio 3 piezas son perdidas por la falta de trazabilidad, y no son encontradas, por lo que se deben reprocesar por completo. En este caso, el tiempo que se tarda en producir la pieza nuevamente es de 10 horas aproximadamente.

	Piezas perdidas por mes	HH por pieza	HH por mes	Costo unitario [USD]	Costo total [USD]
Encontradas	5	6	30	2,03	61,01
No encontradas	1	10	10	2,03	20,34
<b>Total</b>	<b>6</b>	<b>16</b>	<b>40</b>	<b>4,07</b>	<b>81,34</b>

*Tabla 4: Piezas perdidas*

*Fuente: Elaboración propia*

### **Alternativas**

La primera alternativa que se planteó fue la de crear una lista de verificación, tal como se muestra en el Anexo 2, para que previo al proceso de granallado se controlen todas las piezas, y nuevamente, se repita el control al finalizar el proceso de pintura. Además, se dividirá a los sectores de granalla y de pintura en 8 partes (pintando líneas en el piso), para que el control de las piezas sea más simple y rápido. Esto permitirá mantener la trazabilidad de cada una de las piezas a lo largo del proceso, y se evitarían las pérdidas.

Para realizar la lista de verificación, se agruparán las piezas para cada una de las divisiones de granalla y pintura, imprimiendo imágenes de cada una para facilitar cada uno de los controles. De esta manera, la lista contará con una imagen de cada pieza para cada grupo (tomada de SolidWorks), además de una columna con la codificación de la pieza y otra a ser tildada por el supervisor del sector al realizar el control. Se prevé que esta revisión y separación de piezas a ser granalladas aumente 1 hora el proceso diario habitual que se realiza actualmente.

Los costos que genera esta alternativa son:



Costos	Cantidad	Costo unitario [USD]	Costo total [USD]
Pintura	10 L	8,40	84,04
Horas Hombre	16 hs.	2,03	32,54
Aumento de tiempo de proceso (mes)	20 hs	2,03	40,67
<b>Total</b>		<b>12,47</b>	<b>157,24</b>

Tabla 5: Costos de alternativas

Fuente: Elaboración propia

Los gastos en pintura y en las horas hombre, serán realizados por única vez para realizar la división de los sectores, y tendrán un costo de USD112,58. Y esta mejora, conllevaría a una reducción de USD40,67 por mes, producto de la reducción de los tiempos de producción (la reducción de costos que representan las piezas que ahora ya no se perderán menos los costos debido al aumento del tiempo de proceso).

La segunda alternativa analizada fue la adhesión de una chapita con una forma predeterminada a cada una de las piezas que conforman el equipo. De esta manera se puede hacer una rápida agrupación de piezas, evitando así la confusión y posterior pintado erróneo de cada una de las partes del equipo. Así, al terminar la confección de componentes en metalurgia, se le precinta una chapita con una determinada forma (circulo, triángulo, cuadrado, etc.), facilitando la agrupación de piezas posteriores al pintado, para el traslado luego al sector de montaje.

	Tiempo total [HH]	Costo HH [USD]	Costo Total [USD]
Aumento de tiempo de proceso (mes)	35	2,03	71,17
Confección chapitas	10	2,03	20,34
<b>Total</b>	<b>45</b>	<b>4,07</b>	<b>91,51</b>

Tabla 6: Análisis de la alternativa de chapita

Fuente: Elaboración propia

El costo por la confección de las chapitas es la inversión inicial de esta alternativa, mientras que el beneficio mensual es de USD 10,17 (reducción de costos debido a las piezas que son pintadas erróneamente, menos el aumento del tiempo del proceso).

Una tercera alternativa a tener en cuenta es la utilización de un lápiz eléctrico para el grabado de las chapas, tal como el que se observa en la figura 24, manteniendo el código de

trazabilidad que se utiliza actualmente. Este lápiz permite grabar las chapas con un único código de trazabilidad, donde se identifique el tipo de chapa y a qué equipo corresponde. La ventaja de esta alternativa es un bajo costo de inversión inicial, la posibilidad de identificación inequívoca de cada chapa y la imposibilidad de borrado del código posterior al proceso de granallado.



*Figura 24: Lápiz eléctrico*

*Fuente: Electrowatt Electric.*

Se propone la compra de tres lápices eléctricos, a ser distribuidos en el sector de Corte y Plegado, para que los operarios del sector sean quienes marquen las chapas con el código identificador, antes de la distribución a los distintos procesos metalúrgicos.

De esta manera, se evitan los costos por retrabajos y pérdida de piezas, siendo el único costo el inicial por compra del equipo. No se prevé un aumento de tiempos en el proceso por la identificación de las chapas con este nuevo método:

- **Costo lápiz eléctrico: USD 353,15**

4. Para solucionar el problema de la limpieza de componentes comerciales y otras partes de los equipos que no deben ser pintados, se plantea la elaboración de un documento donde se indique detalladamente qué ítems no deben ser pintados y cuáles deben ser las instrucciones para cada uno, tal como se detalla en el *Anexo 1*.

### 3.3.2 SECTOR DE GRANALLADO

1. El primer problema detectado en el sector es la mala ventilación del recinto, debido en gran parte al mal funcionamiento de los ventiladores, lo que genera un exceso de partículas disueltas en el aire. Esto, sumado a los precarios trajes de granallado, genera dificultad en la respiración del operario y en la visibilidad, afectando un mal acabado final de la pieza. Este acabado incorrecto genera una mala adhesión de la pintura en el proceso posterior, en muchos casos, teniendo que re granallar la pieza. Además, el mal estado de los trajes que utilizan para granallar genera aún más dificultades para realizar su trabajo.

#### Trajes de granallado

La primera alternativa analizada fue la adquisición de trajes especiales para granallado, los cuales incluyen un filtro de aire que permite el ingreso del flujo de aire limpio, generando un ambiente saludable para trabajar (actualmente los trajes que usan fueron fabricados de manera “casera”, y no poseen filtro de aire). Estos equipos, además, le brindan al operario la comodidad para trabajar, ya que regula la temperatura del aire que ingresa y reduce el ruido percibido. Estos trajes poseen un sensor de monóxido de carbono, para alertarlos en caso de que ocurra un accidente.

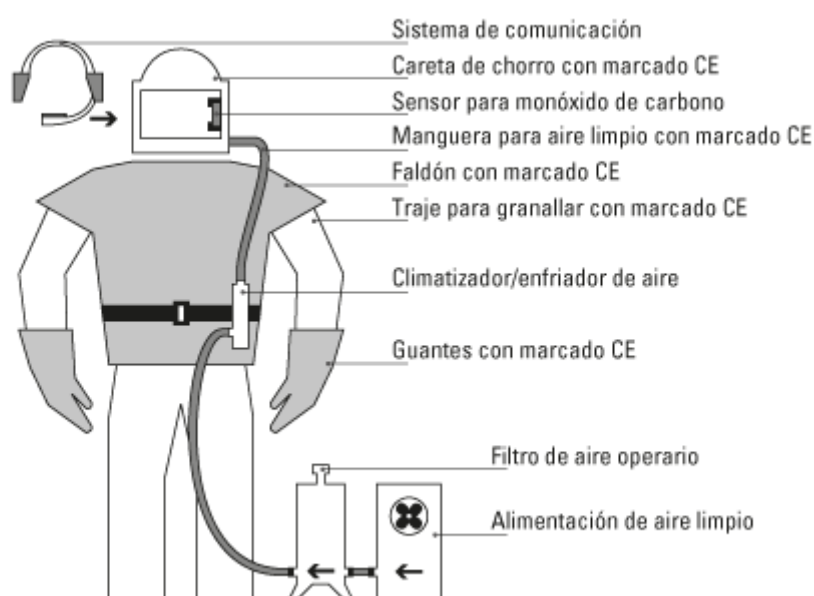


Figura 25: Equipo de granallado Clemco

Fuente: Clemco Internacional

Los cascos que poseen los equipos nuevos cumplen todos los requisitos internacionales y están marcados y homologados con el marcado CE (Conformidad Europea).

Otra característica con marcado CE es la caperuza añadida de nylon o cuero que protege la parte superior del cuerpo contra los rebotes de abrasivo. El aire limpio se alimenta a través de una manguera de respiración con marcado CE. Un barboquejo mantiene la alineación del casco con los ojos y lo mantiene en la posición adecuada al margen de cualquier movimiento. Las lentes múltiples de seguridad, a prueba de arañazos y de gran duración, se fijan por capas dentro del soporte para lentes y pueden sustituirse fácilmente.

Este traje brinda al operario mayor seguridad sin comprometer por ello la movilidad, la capacidad de respirar y la comodidad básica.

Equipado con un sistema exclusivo de 3 lentes para evitar cualquier entrada de polvo, las amplias dimensiones del armazón del casco permiten una plena visibilidad al operario. El sistema de ventilación del aire, equipado con un conector de flujo y dispositivo de alarma con marcado CE, distribuye aire limpio sobre la cabeza del operario y avisa a éste en caso de detectar la presencia de CO en el aire o una reducción del volumen de aire.

Con una sencilla válvula de evacuación y un cartucho fácil de sustituir, la unidad CPF suministrará aire limpio y fresco al operario de forma indefinida.

El cartucho de filtro limpia de aceite, agua, polvo y otros contaminantes pesados el suministro de aire comprimido por medio de diferentes fases de medios de filtro. Estas etapas que comprenden diferentes niveles de carbono y alúmina activados filtran el aire de entrada a un nivel de calidad superior a la norma establecida internacionalmente.

El filtro de aire CPF fácil de manejar se puede destinar a uso móvil o fijo y puede filtrar el aire hasta para cuatro operarios de forma simultánea. Pintado de un color rojo de seguridad, el cartucho es fácilmente visible en un centro de trabajo.<sup>7</sup>

---

<sup>7</sup> Fuente: <https://www.clemco-international.com/>



*Figura 26: Filtro de aire Clemco*

*Fuente: Clemco internacional*

Estos equipos tienen un costo de USD 360, y se deberían adquirir 2 unidades, ya que en el sector de granallado trabajan dos personas en simultáneo. En este caso, la adquisición de los equipos no se justificaría por la rentabilidad ni por aspectos económicos, sino por la salud y bienestar de los operarios al trabajar, y representaría un costo total de USD 720.

### Plan de Mantenimiento

La segunda alternativa analizada es, al igual que para el sector de pintura, la confección de un plan de mantenimiento para los equipos de ventilación en el recinto de granallado, el cual mejore el flujo de aire en el interior del sector, y de esta forma se reduzca la concentración de partículas en suspensión. Además, al reducirse el nivel de polvo en el aire, la visión de los operarios al granallar aumentaría, por lo que el granallado será más eficiente, reduciendo el tiempo de granallado de cada pieza, reduciendo también la cantidad de retrabajos.

Los sectores de pintado poseen los mismos equipos de ventilación que el sector de granalla, por lo que el plan de mantenimiento será el mismo. La diferencia radicará en el tiempo requerido para realizar el plan de mantenimiento, ya que los sectores de pintura poseen mayor cantidad de equipos.

Para granalla, el plan de mantenimiento de los equipos de ventilación representará un total de 130,2 Horas Hombre por año, que se distribuyen según la periodicidad de las tareas:

- Mantenimiento diario: 75 HH
- Mantenimiento mensual: 12 HH
- Mantenimiento Trimestral: 24,70 HH
- Mantenimiento Semestral: 18,50 HH

Al igual que para la alternativa de la adquisición de trajes de granallado, la realización del plan de mantenimiento se realizaría con motivo de mejorar las condiciones de los trabajadores y la calidad del granallado de las piezas. Así, se busca reducir los tiempos del proceso y la cantidad de retrabajos, mejorando la eficiencia del sector.

2. Para definir mejoras en cuanto a la iluminación del sector, se realizaron estudios de luminancia, con la colaboración del jefe del departamento de Mantenimiento de la empresa. En este caso se realizó la evaluación en períodos en los cuales no se estaba realizando el granallado de ninguna pieza, para determinar la iluminación necesaria en “condiciones ideales”, es decir, sin partículas disueltas en el aire. Se decidió realizar el estudio en estas condiciones, considerando una previa adecuación de la ventilación del recinto para eliminar dichos polvos. A continuación, se detallan y analizan las mediciones realizadas en el estudio de iluminación.

Nota: la explicación del paso a paso para la determinación de los reflectores necesarios está detallada en el punto 3.4.1. dentro de la evaluación de alternativas en el sector de pintura, realizando un análisis similar para el sector de granalla.

Análogamente a lo que se realizó en las cabinas de pintura, se hizo el cálculo de luminarias en el sector de granallado.

Este sector cuenta con las siguientes dimensiones:

- 6 metros de ancho
- 25 metros de largo
- 7 metros de alto

Teniendo en cuenta que el mínimo establecido en el Decreto N° 351/79 (incluido en la Ley N° 19.587 de Higiene y Seguridad en el Trabajo) para el tratamiento superficial en metalúrgicas es de 300 Lux, se realizaron las mediciones con luxómetro del sector en análisis según el decreto N° 84/12 (Protocolo para la Medición de la Iluminación en el Ambiente Laboral de la Superintendencia de Riesgos de Trabajo). Se observó que la iluminación en el sector de granallado se encuentra por debajo del mínimo, obstaculizando de esta manera las tareas a realizar por el personal y precarizando los trabajos.

A continuación, en la Figura 27, se hace referencia de los valores obtenidos en cada uno de los 6 subsectores (vista en planta) donde se realizaron las mediciones:

### Sector de granallado

125 Lx	180 Lx	136 Lx
95 Lx	162 Lx	105 Lx

### VISTA EN PLANTA

Figura 27: Mediciones de Lux en el sector de granallado

Fuente: Elaboración propia

$$\text{Promedio de capacidad lumínica: } \frac{\sum \text{mediciones}}{N^{\circ} \text{ mediciones}}$$

Promedio de capacidad lumínica:  $\frac{125+180+136+95+162+105}{6} = 134 [Lx]$

Como se puede observar, el valor obtenido en la medición es muy inferior al valor mínimo recomendable de 1000 Lux.

Las luminarias deberán ser colocadas a una altura de 5,45 metros (al igual que en la cabina de pintura, ya que de esta forma se asegura un mejor nivel de iluminación).

Las distancias máximas entre las luminarias deberán ser menor o igual a  $1,5 \cdot h$  (altura sobre el plano de trabajo), lo que da una distancia máxima de 6,9 metros.

Luego, se calculó el factor de reflexión del sector:

		Factor de Reflexión
Color de techo (P1)	Chapa Gris	0,55
Color de pared (P2)	Chapa Gris	0,55
Color de piso (P3)	Hormigón (Gris claro)	0,4

Tabla 7: Factor de reflexión del sector de granallado

Fuente: Elaboración propia

Con las dimensiones del recinto se halló el k resultante (factor que tiene en cuenta la reflexión del recinto): 0,69. Éste, junto con los factores de reflexión, permite hallar el rendimiento lumínico del local.

Con estos valores, se determinó que el rendimiento lumínico del local es de 0,74. Y teniendo en cuenta que el rendimiento de la luminaria es aproximadamente 0,9, se puede determinar que el rendimiento total de la luminaria es de 0,66.

El siguiente paso fue determinar el factor de conservación de las luminarias. Al ser un ambiente en el cual se genera constantemente mucho polvillo, sumado al riesgo de la granalla, generará que las luminarias tengan un grado de conservación bajo. Por lo tanto, se estimó un factor de 0,40.

Con todos estos datos calculados, se prosiguió a determinar el flujo luminoso total, de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$\Phi = \frac{E_m \times S}{\eta \times f_c}$$

Se determinó entonces que el flujo luminoso total necesario en el sector de pintura es de 170.450 lúmenes. Si se colocaran reflectores LED de 100 watts (que cada uno genera un flujo luminoso de 8.950) se necesitarían un total de 20 luminarias como mínimo.



Actualmente, el recinto cuenta con 16 reflectores halógenos, los cuales presentan un consumo de 400 KW cada uno.

La compra de luminarias LED representa una inversión, debido a que en pocos meses ya se amortiza la diferencia entre los costos de la iluminación LED y la halógena, y los costos en energía son considerablemente menores.

Costo total:

<b>Reflector Macro led 100W</b>	
Costo x un. [USD]	50
<b>Costo total 20 un. [USD]</b>	<b>1.000</b>
<b>Costo Instalación [USD]</b>	<b>100</b>
<b>Costo total [USD]</b>	<b>1.100</b>

	<b>Unitario</b>	<b>Instalación completa</b>
<b>Consumo instalación Led [W]</b>	100	200
<b>Consumo instalación halógena [W]</b>	400	6400

<b>Costo KW/h = USD 0,056<sup>8</sup></b>		
	<b>Consumo energético [KW/H]</b>	<b>Costo total [USD/H]</b>
<b>Consumo instalación Led</b>	2,0	0,112
<b>Consumo instalación halógena</b>	6,4	0,358
<b>Ahorro con LED</b>	5,0	0,246

*Tabla 8: Costo de la iluminación LED*

*Fuente: Elaboración propia*

3. El tercer problema detectado en el sector es el precario sistema de absorción de la granalla para el relleno de la tolva. Los trabajadores del sector deben juntar la granalla utilizada con palas para llenar carretillas y luego transportarlas hasta el sector de llenado de la tolva.

Se contemplan distintas opciones para el reacondicionamiento del sector:

- Reconstrucción del cuarto de granallado: reconstrucción total del cuarto, contemplando sistemas de absorción, aislación del sector, ubicación, capacidad de la tolva, recuperación automática de granalla, entre otros. Esta opción no se tendrá en cuenta por los altos costos y tiempos que insumiría.

<sup>8</sup> Datos suministrados por EDEA S.A.

- Renovación del sistema de barrido de granalla: cambio en el método de recuperación de granalla, modificando el método manual actual por la utilización de un mini cargador para el barrido de las bolitas hacia la boca de carga de la tolva
- Instalación de tornillo sinfín para recarga de tolva: adecuación de la cabina de granallado, incorporando un tornillo sinfín en el centro de la cabina para evitar los traslados manuales de granalla hasta la boca de carga de la tolva

### Renovación del sistema de barrido de granalla

Como se comentó anteriormente, la recuperación actual de granalla para el granallado de piezas se realiza de manera manual, a través del traslado de las bolitas de acero con carretillas hasta la tolva de recuperación. Una vez que se utilizan todas las bolitas contenidas en la tolva, los operarios utilizan la misma presión de aire de la manguera de granalla para acumular las bolitas, palas para rellenar carretillas y luego las trasladan hacia la boca de carga de la tolva, ubicada en el extremo de la cabina. Este proceso consume aproximadamente ochenta minutos totales, siendo dos los operarios encargados de la recarga.



*Figura 28: Minicargador*

*Fuente: Caterpillar Inc*

Se propone la utilización de un mini cargador, tal como el que se aprecia en la figura 28, para el barrido de las bolitas de granalla hacia la tolva, eliminando así el tiempo de carga y traslado en carretillas. Actualmente la empresa cuenta con uno de estos equipos, por lo que

se plantea esta solución como un Quick Win (victoria rápida - se consiguen resultados con una inversión baja) que no insume un costo inicial de adquisición de equipo.

La operatoria propuesta para este nuevo método de barrido de granalla es la siguiente:

- Traslado del equipo granallado hacia el exterior de la cabina. Se debe utilizar un camión para enganchar el equipo y trasladarlo unos metros fuera de la cabina.
- Barrido de bolitas de granalla hacia el centro de la cabina. Con la presión de aire de las mangueras utilizadas para el granallado de piezas equipos, trasladar las bolitas hacia el centro de la cabina.
- Traslado de bolitas hacia la boca de carga de la tolva. A través de la utilización de un mini cargador, trasladar las bolitas acumuladas en el centro de la cabina hasta la boca de carga.
- Barrido de bolitas excedentes. Utilizar escobas y palas para trasladar las bolitas de granalla no alcanzadas por el mini cargador.
- Traslado de equipo hacia interior de cabina para continuar el granallado. Una vez finalizado el traslado de las bolitas hacia la boca de carga, trasladar el equipo ya enganchado nuevamente hacia el interior de la cabina para continuar con el proceso de granallado.

Así, para poder comparar el método propuesto con el anterior, se hizo un análisis de tiempos de cada una de las operaciones:

<b>Proceso</b>	<b>Tiempo [min]</b>	<b>Cantidad de operarios</b>
Traslado del equipo granallado hacia el exterior de la cabina	15	1
Barrido de bolitas de granalla hacia el centro de la cabina	10	2
Traslado de bolitas hacia la boca de carga de la tolva	2	1
Barrido de bolitas excedentes	6	1
Traslado de equipo hacia interior de cabina para continuar el granallado	5	1

*Tabla 9: Análisis de tiempos*

*Fuente: Elaboración propia*

Nota: si bien el estudio de tiempos se hizo con un Fracturador, por ser el equipo que más construye la empresa, el acople con el camión y traslado hacia el exterior es similar para todos los equipos.

### Instalación de tornillo sinfín para recarga de tolva

Otra opción para disminuir los tiempos que se consumen en la recarga de la tolva, es la instalación de un tornillo sinfín en el centro del cuarto de granallado para el transporte automático de bolitas hacia la tolva.

Para la instalación de dicho tornillo sin fin se deben tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Adecuación de pisos del cuarto de granallado. En primer lugar, se debe adecuar el piso del recinto, realizando las modificaciones en el suelo para la instalación del tornillo, teniendo en cuenta todos los componentes para su funcionamiento (motor, acoples, boca de carga, soportes, etc.). Vale destacar que el tornillo sinfín debe girar a una velocidad tal que genere un flujo másico constante, teniendo en cuenta que la capacidad de la tolva es de 1200 kg y se descarga en aproximadamente 60 minutos.
- Instalación de piso enrejado. Para posibilitar la automatización del proceso de recarga de la tolva, se debe instalar una chapa enrejada que posibilite el traspaso de las bolitas hacia el tornillo sinfín. Aquí hay que tener en cuenta que la chapa debe ser de un espesor tal que soporte el peso tanto de los operarios como de la maquinaria a granallar, realizando las modificaciones estructurales en la cabina que soporte dicha instalación
- Pendiente en suelo. Por debajo de la chapa enrejada, se debe adecuar una pendiente en el suelo tal que posibilite que las bolitas rueden hacia el centro de la cabina, donde se encuentra instalado el tornillo sinfín. Para la construcción de este piso, se podría utilizar hormigón ultraliviano con una terminación en porcelanato líquido, ya que no agrega mucho peso a la estructura, es resistente a la abrasión y no posee juntas, que podrían dificultar el correcto flujo de la granalla hacia el tornillo. Así, se debe calcular la pendiente necesaria para evitar que las bolitas no rueden y se estanquen en el piso inclinado. Las fuerzas intervinientes se pueden observar en la figura 29.

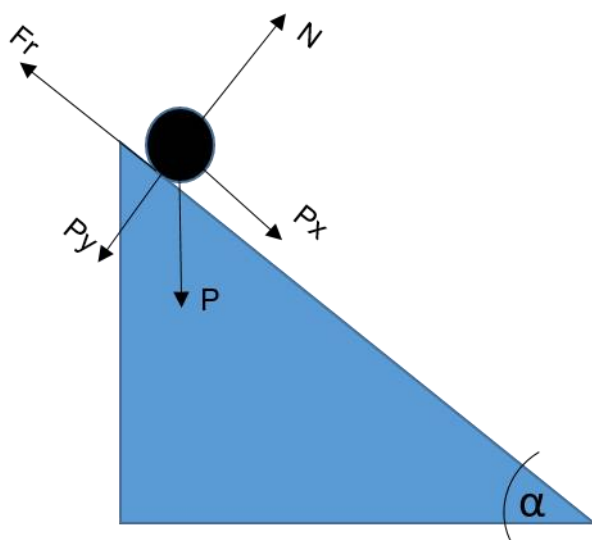


Figura 29: Fuerzas intervinientes

Fuente: Elaboración propia

$$\sum F_x = P_x - F_r = 0$$

$$\sum F_x = m \cdot g \cdot \text{sen} \alpha = \mu \cdot N$$

$$\sum F_y = N - P_y = 0$$

$$\sum F_y = N = m \cdot g \cdot \text{cos} \alpha$$

Nota: se igualaron ambas ecuaciones a cero para una simplificación en el despeje de variables, pero para evitar que las bolitas no rueden la sumatoria de fuerzas en X debe ser mayor a cero. Se tomó el caso más desfavorable, suponiendo velocidad en X igual a cero, siendo el peso la única fuerza actuante en la caída de la bolita. Este grado de inclinación será suficiente para cualquier otro caso donde la bolita tenga velocidad en x (por ejemplo, tras rebotar en alguna pared del recinto).

Se puede realizar un despeje de variables para llegar a la siguiente ecuación:

$$tg \alpha > \mu$$

De esta manera, se observa que el grado de inclinación necesario para que las bolitas rueden y evitar un estancamiento es directamente proporcional al material con que esté construido el piso, siendo  $\mu$  el coeficiente de rozamiento del material.

Teniendo en cuenta todos estos aspectos, y con los cambios estructurales que esta alternativa conlleva, se desestima la posibilidad de implementación de esta solución, requiriendo un análisis más exhaustivo que excede el alcance de este trabajo.

4. Otra de las problemáticas detectadas fue la precaria aislación de la cabina, con grietas y agujeros en sus paredes, generando así una pérdida de granalla mayor a la teórica (aproximadamente 9 kilos por día). Esta pérdida genera un costo aproximado de 17 USD por día.

Aquí, al igual que en la solución propuesta para la recuperación de granalla, se plantea un Quick Win, sin la necesidad de inversión en compra de materiales. Para disminuir la pérdida de granalla por deformaciones en paredes, se propone la instalación de gomas protectoras contra el desgaste, las mismas que se utilizan para las cintas transportadoras en equipos para almacenamiento y dosificación de arena.

Al ser este tipo de equipos (Sand Chiefs, Sand Conveyor, Sand Pump) unos de los más construidos por la empresa, es habitual que existan sobrantes de cintas transportadoras, ideales para el recubrimiento de paredes.

De esta manera se evitarían las pérdidas de granalla por deformaciones y grietas en las paredes, esperando así lograr disminuir las pérdidas a sus valores teóricos (aproximadamente 5 kilos por día).

El análisis económico de esta alternativa se puede apreciar en el apartado 3.4 *Selección de las mejores alternativas*.

### **3.4 SELECCIÓN DE LAS MEJORES ALTERNATIVAS**

A partir de las mejoras planteadas para cada uno de los problemas detectados en los sectores, se realizará una selección de las mejores alternativas, en algunos casos teniendo en cuenta aspectos económicos, y en otras mejoras en la calidad de trabajo diario. Los análisis económicos se realizarán sobre las mejoras planteadas en las problemáticas de iluminación de los sectores, método de recuperación de granalla, aislación de cabina y trazabilidad de piezas, mientras que el cambio en la ventilación de los sectores se plantea como una mejora en la calidad del trabajo de los operarios.

De esta manera, se detallarán a continuación las mejoras propuestas para cada una de las problemáticas, y la respectiva selección de la mejor alternativa:

Iluminación sector de pintura:

Como se analizó anteriormente, se evaluó la alternativa para el problema de iluminación de las cabinas de pintura y en la cabina de granallado: la adquisición de equipos Led. De esta forma, se analizaron los costos, la rentabilidad y el tiempo de repago.

En las cabinas se encuentran instalados 12 reflectores de 400W y 10 reflectores de 150W halógenos, con los rendimientos mencionados con anterioridad. Se analizaron los aspectos económicos que conllevaría la adquisición de reflectores Led.

Para esto, se realizaron los cálculos de los costos iniciales de adquisición de los equipos halógenos y Led, y se estudió el ahorro en el consumo que provocaría la iluminaria LED:

Reflector Macro led 100W	
Costo x un. [USD]	50
<b>Costo total 14 un. [USD]</b>	<b>700</b>
<b>Costo instalación [USD]</b>	<b>70</b>
<b>Costo total [USD]</b>	<b>770</b>

	Unitario	Instalación completa	Total
<b>Consumo instalación Led [W]</b>	150	2700	2700
<b>Consumo instalación halógena [W]</b>	400	4800	6300
<b>Consumo instalación halógena [W]</b>	150	1500	

Costo KW/h = USD 0,056 <sup>9</sup>		
	Consumo energético [KW/H]	Costo total [USD/H]
<b>Consumo instalación Led</b>	1,4	0,153
<b>Consumo instalación halógena</b>	6,3	0,352
<b>Ahorro con LED</b>	4,9	0,199

Tabla 10: Cálculo de costos de iluminación para el sector de pintura

Fuente: Elaboración propia

Como es para las dos cabinas de pintura, la inversión inicial será de USD1.540, y el ahorro será de 0,398 USD/H. Por lo tanto, serán necesarias  $\frac{\text{USD } 1540}{\text{USD } 0,398/\text{hs}} = 3870\text{hs}$  de funcionamiento de las cabinas, y suponiendo que las mismas se encuentran activas 10 hs diarias, serán necesarios  $\frac{3870\text{hs}}{10\text{hs}} = 387\text{ dias}$ . Como la empresa trabaja de Lunes a Viernes, se

<sup>9</sup> Datos suministrados por EDEA S.A.

tienen 20 días/mes, por lo que se tardará  $\frac{387 \text{ días}}{20 \text{ días/mes}} = 20 \text{ meses}$  en recuperar la inversión realizada en la instalación Led.

Como se puede observar en la figura 30, a partir del mes 20 el ahorro que representa instalación Led supera los costos de inversión, por lo que resulta una alternativa rentable. De estos datos se llega a la conclusión de que la adquisición de la instalación Led no solo mejorará el nivel de iluminación de las cabinas, superando ampliamente el mínimo establecido, sino que también en el transcurso del tiempo termina siendo beneficioso a nivel monetario.

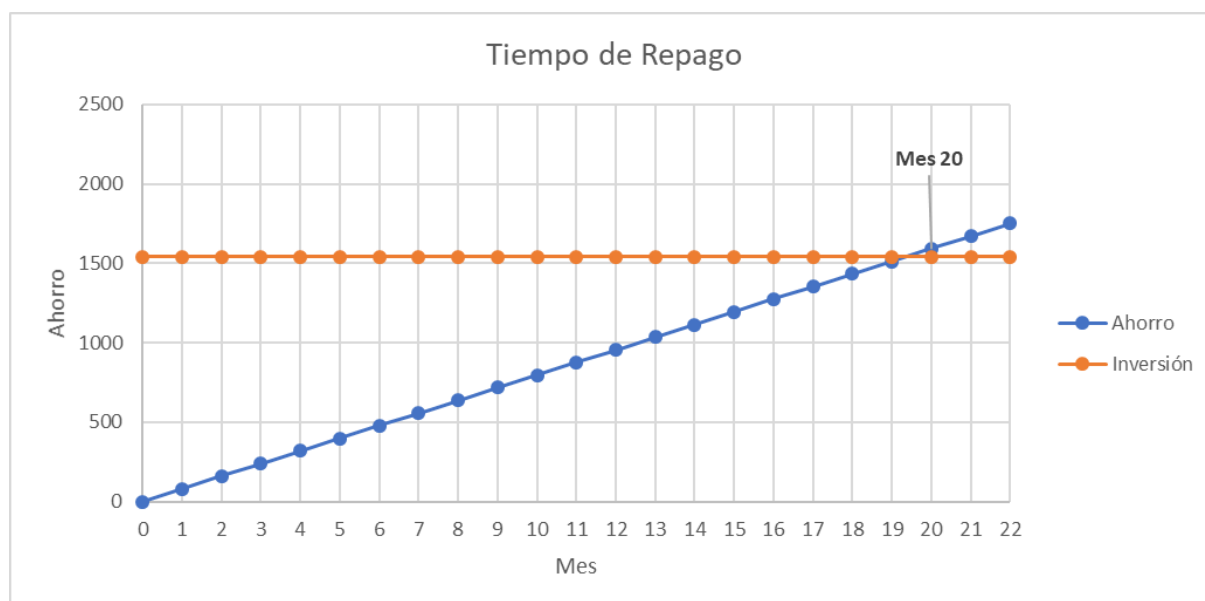


Figura 30: Tiempo de repago de la iluminación Led para el sector de granalla

Fuente: Elaboración propia

#### Ventilación sector de pintura:

Para la solución del problema del mal funcionamiento de la ventilación en los recintos de pintura se tuvo en cuenta una sola alternativa, que es la realización de un plan de mantenimiento para los ventiladores. Las actividades más complejas las llevará a cabo el personal de mantenimiento de la empresa, mientras que las actividades de mantenimiento de rutina o diarias las realizan los operarios del sector pintura.

En total, se requerirán 192,33 Horas Hombre para llevar a cabo el plan de mantenimiento, el cual se espera que mejore la calidad en el ambiente de trabajo, y reduzca el tiempo de secado de los equipos, generando mayor eficiencia en el sector, y una reducción de costos para la empresa.



Iluminación sector de granallado:

En el sector de granallado de piezas y equipos se realizó el análisis económico para evaluar la mejor alternativa. Así, se plantearon los costos iniciales del cambio a iluminación Led, el ahorro energético que presenta, y el tiempo de repago de la inversión.

<b>Reflector Macro led 100W</b>	
Costo x un. [USD]	50
<b>Costo total 20 un. [USD]</b>	<b>1.000</b>
<b>Costo Instalación [USD]</b>	<b>100</b>
<b>Costo total [USD]</b>	<b>1.100</b>

	<b>Unitario</b>	<b>Instalación completa</b>
<b>Consumo instalación Led [W]</b>	100	200
<b>Consumo instalación halógena [W]</b>	400	6400

<b>Costo KW/h = USD 0,056<sup>10</sup></b>		
	<b>Consumo energético [KW/H]</b>	<b>Costo total [USD/H]</b>
<b>Consumo instalación Led</b>	2,0	0,112
<b>Consumo instalación halógena</b>	6,4	0,358
<b>Ahorro con LED</b>	5,0	0,246

Tabla 11: Cálculo de costos de iluminación para el sector de granalla

Fuente: Elaboración propia

La luminaria LED presenta un costo inicial de USD 1.100, pero presenta un ahorro de USD 0,246 por hora de funcionamiento, por lo que serán necesarias  $\frac{\text{USD } 1100}{\text{USD } 0,246} = 4470\text{hs}$  de funcionamiento de las cabinas para su amortización. Y suponiendo que las mismas se encuentran activas 10 hs diarias, serán necesarios  $\frac{4470 \text{ hs}}{10 \text{ hs}} = 447 \text{ dias}$ . Como la empresa trabaja de Lunes a Viernes, se tienen 20 días/mes, por lo que se tardará  $\frac{447 \text{ dias}}{20 \text{ dias/mes}} = 22,35 \text{ meses}$  (un año y once meses) en amortizar el costo de la instalación LED.

<sup>10</sup> Datos suministrados por EDEA S.A.

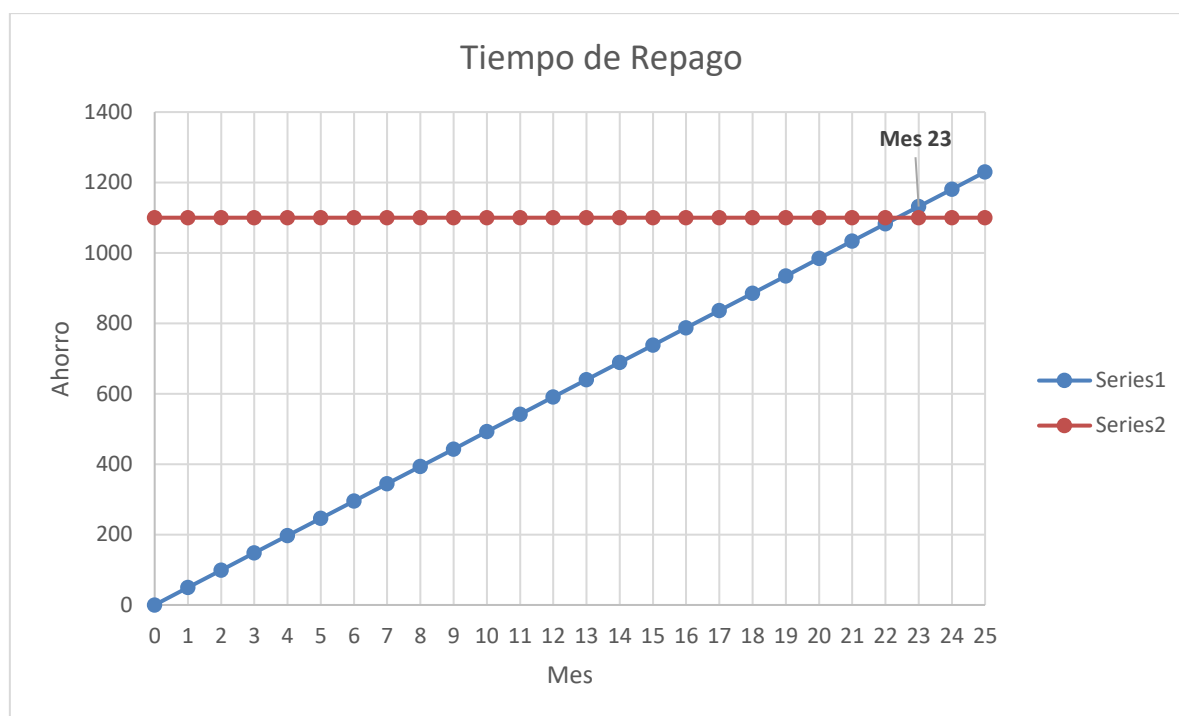


Figura 31: Tiempo de repago de la iluminación Led para el sector de pintura

Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la figura 31, a partir del mes 23 el ahorro mensual amortiza los costos totales de la instalación LED, por lo que representan una alternativa rentable a lo largo del tiempo.

#### Ventilación sector de granallado:

Para mejorar la ventilación en el recinto de granallado, al igual que en el sector de pintura, se analizó una solución cualitativa que mejore el ambiente de trabajo, ya que se considera que la ventilación actual es la adecuada, pero en mal estado.

La alternativa seleccionada fue la realización de un plan de mantenimiento a los ventiladores del sector, buscando así un pleno funcionamiento de los mismos y la mejora de las condiciones de trabajo. Para llevar a cabo dicho plan, se deberán realizar capacitaciones al personal de mantenimiento y a los operarios del sector de granallado.

Igualmente, si bien con el plan de mantenimiento se solucionaría la problemática en el sector, la adquisición de trajes especiales para granallado sería también de gran utilidad, debido a que mejoraría aún más las condiciones de los operarios al granallar. Por este motivo, se recomendaría también que, en el mediano plazo, se tenga en cuenta la compra de estos trajes.

### Recuperación de granalla

Tal como se expuso previamente, la alternativa planteada para la recuperación de granalla es el barrido de las bolitas de acero con un mini cargador, siendo esta una alternativa de fácil implementación, ya que no genera la inversión inicial de este equipo.

De esta manera, se deben comparar los tiempos actuales de relleno de la tolva con los tiempos medidos para la nueva alternativa:

- **Tiempo actual de relleno de tolva: 80 minutos totales**
- **Tiempo total con alternativa propuesta: 48 minutos totales**

Suponiendo para ambos casos, 4 ciclos completos de granallado y relleno de tolva, los costos totales de ambos métodos serían los siguientes:

	Método actual	Alternativa propuesta
Tiempo total [HH]	1,33	0,8
Costo unitario HH [USD]	2,033	2,033
Total [USD]	2,70389	1,6264
Total diario [USD]	10,81556	6,5056
Total mensual [USD]	216,3112	130,112

Tabla 12: Costos por recuperación de granalla

Fuente: Elaboración propia

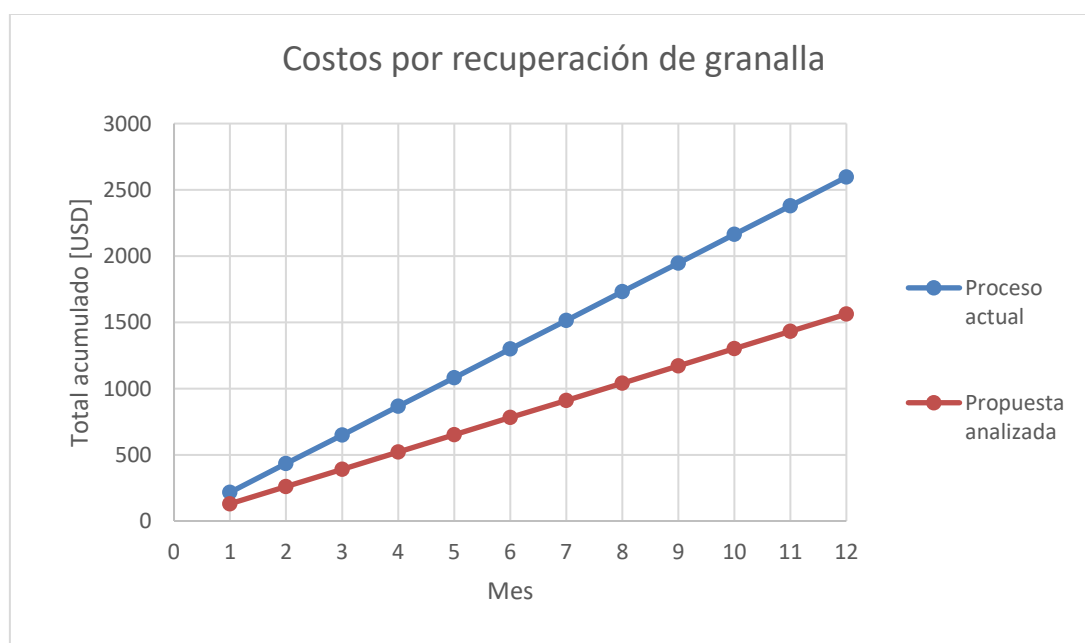


Figura 32: Costos por recuperación de granalla

Fuente: Elaboración propia

Se puede apreciar en la figura 32 cómo, a lo largo de un año, el ahorro total es de USD 1034,39 y tal como se mencionó anteriormente, se plantea esta propuesta como un Quick Win ya que no genera la inversión inicial en compra de equipos.

Nota: si bien esta alternativa plantea ahorros en el corto plazo, es necesaria la correcta coordinación de los operarios para disponer tanto del camión como del mini cargador en el momento preciso.

#### Aislación de cabina

Para verificar la viabilidad económica de la mejora planteada (instalación de gomas de protección contra el desgaste en la cabina), se realizará una comparación entre los costos mensuales por pérdidas actuales de granalla vs la compra de dichas gomas y la adecuación de la cabina, con lo que se espera aproximar los valores de pérdida de granalla a los teóricos.

Tal como se mencionó anteriormente, la pérdida actual de granalla, con el precario estado de la cabina, es de aproximadamente 9 kilos, unos 17 USD diarios.

Con la adecuación de la cabina, se espera llevar la pérdida de granalla a unos 5 kg por día, lo que equivale a 10,4 USD diarios.

Tal como se mencionó anteriormente, se utilizarán sobrantes de cintas transportadoras utilizadas en los equipos de dosificación, para evitar así los costos de importación del material. En caso de que se quisiera evaluar la compra en el exterior, se deberían tener en cuenta los siguientes costos

- Valor FOB (Free On Board): aquí se limita la responsabilidad del vendedor al momento de la entrega en el puerto de carga, es decir, el precio de compra del material.
- Flete: se estimaría en aproximadamente un 10% del valor FOB
- Derechos de importación: tener en cuenta aquí el código arancelario, de acuerdo al material a ser importado (en este caso caucho). Este valor se calcula como un porcentaje del valor CIF (costo más flete). Además, aquí se tiene en cuenta una tasa estadística del 0,5% del valor CIF
- IVA: se calcula como el 21% de la base imponible (costo CIF + derechos de importación + tasa de estadística)
- IVA adicional: 20% de la base imponible
- Ingresos Brutos: 3% de la base imponible
- Tasa de oficialización de aduana: 10 USD
- Tasa de digitalización de aduana: 10 USD

Teniendo en cuenta todos estos costos asociados a la importación del material, se refuerza la idea de utilizar materiales sobrantes de la fabricación de equipos.

Se estima un tiempo total de 16 horas hombre (2 operarios, una jornada completa), para la instalación de dichas protecciones. Así, se detallan a continuación los costos de implementación de la solución propuesta:

	Costo total [USD]
Sellador de Poliuretano	245
Instalación protecciones	33
<b>Total</b>	<b>278</b>

Tabla 13: Costos de implementación

Fuente: Elaboración propia

Se puede apreciar en la figura 33 cómo, a partir del día 43 (aproximadamente 2 meses de trabajo), las pérdidas monetarias por pérdida de granalla comienzan a ser menores con la alternativa propuesta, teniendo en cuenta una inversión inicial total de USD 248.

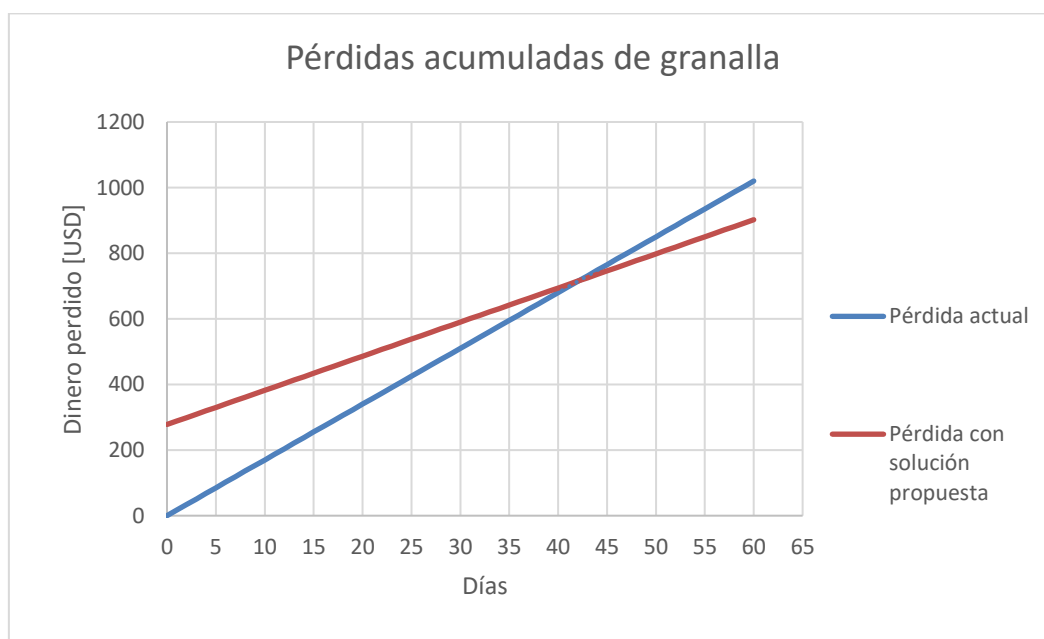


Figura 33: Pérdidas acumuladas de granalla

Fuente: Elaboración propia

### Trazabilidad de piezas

Para la selección de la mejor alternativa en cuanto a la trazabilidad de las piezas se realizarán dos análisis económicos:

- En primer lugar, se compararán los costos mensuales por pérdidas de piezas actuales vs los costos de implementación de alternativas (inversión inicial y aumento de tiempos en el proceso)
- En segundo lugar, se realizará una comparación de los ahorros mensuales para cada una de las propuestas, para luego seleccionar la mejor

### Comparación de costos

Tal como se mencionó anteriormente, en el punto N°3 de las soluciones propuestas para el sector de pintura, los costos asociados a cada una de las propuestas y los actuales son:

	Inversión inicial [USD]	Aumento de tiempos de proceso por mes [USD]	Pérdida de piezas [USD]	Total [USD]
Método actual	0	0	81,34	81,34
Lista de verificación + pintado de suelo	116,58	40,67	0	157,25
Confección de chapitas	20,34	71,17	0	91,51
Lápiz eléctrico	353,15	0	0	353,15

Tabla 14: Comparación de costos de las propuestas

Fuente: Elaboración propia

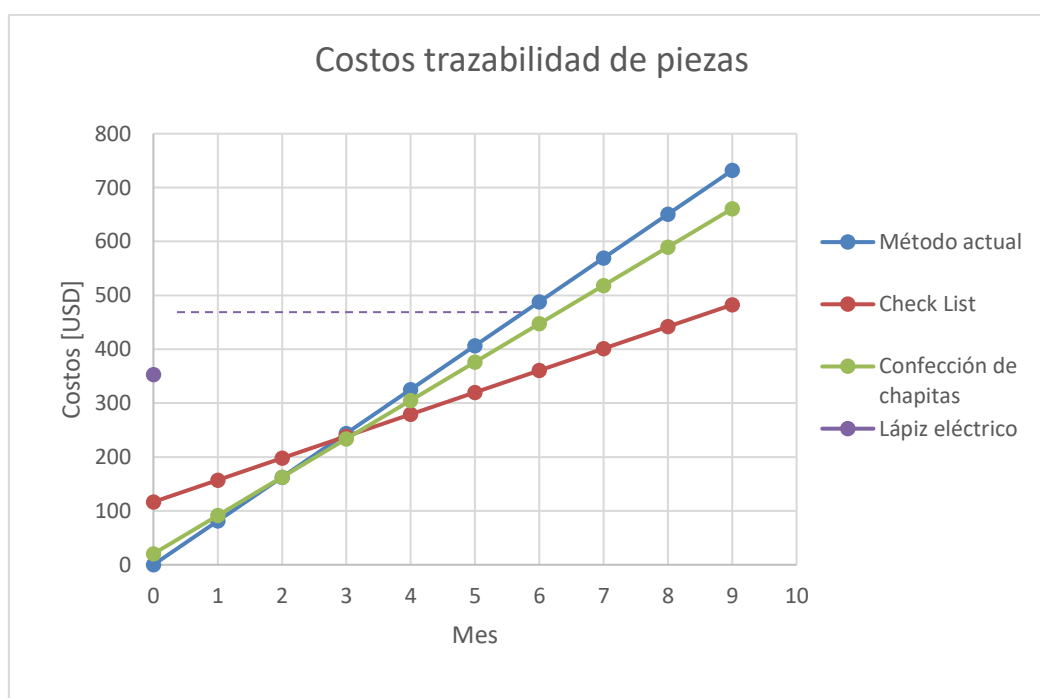


Figura 34: Costos trazabilidad de piezas

Fuente: Elaboración propia



Figura 35: Ahorros mensuales por alternativa

Fuente: Elaboración propia

A partir de las figuras 35 y 36 se puede apreciar cómo, si bien genera la mayor inversión inicial, la compra de lápices eléctricos para el grabado de chapas es la mejor alternativa, ya que se puede observar que a partir del sexto mes es la que mejores ahorros conlleva, por no tener aparejados costos por aumento de tiempo de procesos.

### 3.5 IMPLEMENTACIÓN DE MEJORAS

Tal como se expuso a lo largo del trabajo, las mejoras a implementar en los dos sectores son:

- Adecuación e instalación de mejoras en iluminación en los sectores de granalla y pintura.
- Instalación de gomas protectoras contra el desgaste en el sector de granallado.
- Capacitaciones para la correcta ejecución del plan de mantenimiento.
- Capacitaciones para el correcto enmascarado de componentes en proceso de pintura.

En primer lugar, se prevé que la instalación de los reflectores LED consuman un total de 24 horas de trabajo, ya que se espera que dos operarios trabajen un día completo (8 horas por día) en la instalación de los reflectores en las cabinas, y otro operario un día más para detalles finales de la instalación. Para dicha instalación, se utilizará personal del departamento de mantenimiento, por requerir equipos eléctricos y utilización de equipos para trabajo en altura. No se espera la utilización de horas ni días extras.

En segundo lugar, la instalación de las gomas protectoras contra el desgaste será llevada a cabo por los operarios de granalla, consumiendo un total de 16 horas de trabajo (dos operarios, una jornada completa). Al no requerir tiempos extensos de trabajo, no se prevé la utilización de horas ni días extras para la adecuación del recinto.

Por último, para las capacitaciones, se tendrán en cuenta los siguientes aspectos:

- Capacitaciones plan de mantenimiento: Estas capacitaciones serán llevadas a cabo por el supervisor del sector, quien será el encargado de la confección de la planilla. Se estipula un plan de capacitaciones de 10 horas por operario, donde se expliquen los detalles del plan de mantenimiento, la periodicidad y la importancia de cada tarea. Dentro de estas jornadas de capacitaciones, se espera también que el supervisor de este sector muestre a cada uno de los operarios cómo cargar cada tarea realiza en el sistema Open ERP.
- Capacitaciones de enmascarado de piezas: Este es uno de los aspectos más importantes a tener en cuenta a la hora de realizar el pintado de equipos, por lo que se debe realizar un importante hincapié en el instructivo detallado en el Anexo 1. Para esta capacitación, se plantea un curso de 10 horas por operario, mostrando cada una de las imágenes y realizando una actividad práctica, donde se muestre el correcto enmascarado de componentes.



## 4. CONCLUSIONES

El mercado del petróleo, tal como se explicó a lo largo del trabajo, es un mercado oscilante, siendo muy marcados los picos entre los precios máximos y mínimos del barril. La empresa, a lo largo de su historia, ha encontrado alternativas a estas variaciones, con la apertura de nuevas unidades de negocio, la ampliación de su capacidad productiva durante épocas de baja demanda de equipos, entre otras.

Durante el desarrollo del trabajo se percibieron potenciales mejoras centrando el estudio en los sectores de granalla y pintura, cuyas implementaciones generarían, en el corto plazo, ahorros económicos, realizando los procesos actuales de manera más eficiente. Entre dichas mejoras se destacan las siguientes:

- **Iluminación**: tanto en el sector de granallado como el de pintura, se planteó la alternativa de adquirir e instalar luces led, generando una reducción de costos totales (teniendo en cuenta la implementación y su uso diario) a partir del mes 20 para pintura, y el mes 23 para granalla. Se estima, además, que esta mejora generará una reducción de costos por retrabajo de piezas por mal pintado o granallado, debido a que facilitará la realización de las tareas.
- **Recuperación de granalla**: durante el trabajo, se expusieron alternativas del tipo proactivas (reconstrucción total del cuarto de granallado o instalación de un tornillo sin fin), las que generarían una modificación del recinto, lo que llevaría aparejado costos y tiempos muy altos, además de un análisis que sobrepasa el alcance de este trabajo. Por otro lado, se buscó una alternativa del tipo reactiva, adaptando el proceso a la instalación actual. Esta solución, planteada como un Quick Win ya que no genera costos por inversión inicial, reduciría en un 38% los tiempos mensuales del proceso, lo que generaría un ahorro de 86 USD mensuales.
- **Aislación de cabina**: para este caso, se tuvieron en cuenta la diferencia de costos por pérdida de granalla, tanto para las instalaciones actuales como para la adecuación de la cabina con una correcta aislación. Al igual que para el caso anterior, se buscó una solución con una baja inversión inicial y que tenga un impacto inmediato en los costos del proceso. Se pudo apreciar en lo expuesto, que luego de dos meses de trabajo, el valor acumulado de las pérdidas teóricas, sumadas a la inversión inicial, comienzan a ser menores a las pérdidas acumuladas para el recinto en las condiciones actuales. Así, para

una inversión inicial de 278 USD, se espera reducir 1584 USD anuales, producto de la pérdida excesiva actual de granalla.


- Trazabilidad de piezas: para este caso, se plantearon tres mejoras posibles: implementación de una lista de verificación y el pintado del sector, adhesión de precintos preformados, adquisición de lápices eléctricos para el marcado de chapas. Para los primeros dos casos, se pudo apreciar que se generan costos por aumento de tiempos del proceso, además de una inversión inicial, mientras que el último caso genera un costo inicial más alto, pero sin el aumento de tiempos del proceso. Se espera que las tres soluciones planteadas eliminen los costos por pérdidas de piezas en el mes. Así, las tres alternativas generan menores costos en el corto plazo (a partir del quinto mes), comparándolas con el proceso actual, seleccionando como mejor opción la compra de lápices eléctricos, ya que, si bien es la que mayor inversión inicial genera, no representa aumento de tiempos en el proceso y permite tener una trazabilidad precisa de cada pieza, identificada con su respectivo código.
- Ventilación de las cabinas: Para solucionar el problema de la mala ventilación en los recintos, se analizaron las alternativas de realizaron un plan de mantenimiento para los equipos de ventilación, tanto para pintado como granallado, y la alternativa de adquirir trajes especiales para el sector de granallado. Para ambos casos se eligió como solución la generación de un plan de mantenimiento, junto con un plan de capacitaciones para los operarios de los sectores y de mantenimiento. Esta alternativa mejorará las condiciones ambientales de los sectores, aumentará la visibilidad de los operarios y, de esta forma, se estima que se mejore la calidad de los trabajos y la eficiencia. Además, para el sector de pintado se reduciría el tiempo de secado de las piezas y equipos, logrando así una mayor capacidad de trabajo y eficiencia.

## 5. BIBLIOGRAFÍA

- Diario El País, 2016. “Evolución histórica del precio del petróleo Brent”, obtenido de: [https://cincodias.elpais.com/cincodias/2014/12/16/graficos/1418753470\\_135679.html](https://cincodias.elpais.com/cincodias/2014/12/16/graficos/1418753470_135679.html)
- MEYERS, F. E.; STEPHENS, M.P. (2006) “Diseño de instalaciones de manufactura y manejo de materiales”. Ed. Pearson. 3ra edición.
- Manual Conveyor (2013), obtenido de: <https://www.conveyoreng.com/wp-content/uploads/downloads/2013/02/CEMC-Screw-Conveyor-Manual-2.20.pdf>
- Decreto 351/79. (1979). Decreto 351 Reglament la Ley de Higiene y Seguridad en el Trabajo. Buenos Aires, Buenos Aires, Argentina.
- KRAJEWSKI, L. J.; RITZMAN, L. P.; MALHOTRA, M. K. (2008) “Administración de operaciones: procesos y cadenas de valor”. Ed. Pearson. 8ta edición.
- Franklin, E. B. (2009). Organización de las empresas (Tercera ed.). México D.F.: McGrawHill.
- Manual para el profesor de Higiene y Seguridad en el Trabajo. Barcelona: INHST.
- IRAM. (2002). Norma Iram 10005 - Colores y Señales de Seguridad. Ley 19587. (21 de Abril de 1972). Ley de Higiene y Seguridad.
- Izar Landeta, J. M. (1998). *Fundamentos de investigación de operaciones para Administración*. México: Editorial Universitaria Potosina
- Summers, D. (2006). *Administración de la calidad*. México: Pearson Education.
- TOXICOLOGIA LABORAL BASICA. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. Barcelona. España. 1992
- Nevers, Noel, McGraw. Air Pollution Control Engineering de Nevers, Noel, McGraw – Hill International Editions. Civil Engineering Series. 1995
- <http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/30000-34999/32030/dto351-1979-anexo4.htm> (Decreto N° 351/79)
- <http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/190000-194999/193616/norma.htm> (decreto N° 84/12 del SRT)
- [https://www.clemco-international.com/es/equipos\\_de\\_proteccion](https://www.clemco-international.com/es/equipos_de_proteccion) (Equipos de protección de granallado)
- <https://mantenimiento.win/mantenimiento-y-sus-tipos/> (Tipos de mantenimiento)

## 6. ANEXOS

### 6.1 ANEXO 1

	Instrucción de enmascarado y pintura	
	Recepción <input type="checkbox"/>	Producto/ Proceso: Proceso
	Fabricación <input checked="" type="checkbox"/>	Equipo: Todos
	Control Final <input type="checkbox"/>	Cliente: Todos


Las siguientes instrucciones son aplicables a las partes de todos los equipos que deben ser procesado en el Área de Pintura para luego ser montados y que requieren atención especial en su tratamiento debido a su finalidad.

El presente documento es complementario de los procedimientos: PE QM 1 Especificación estandar para el recubrimiento de equipos nuevos para uso terrestre y PE QM 2 Especificación para el recubrimiento de equipos nuevos para uso marítimo

Esta instrucción se ha realizado en base al documento de Schlumberger PDM # 100871514 Revision AA.


Item	Instrucciones
Mangueras. 	<ul style="list-style-type: none"> <li>•NO APLICAR ni epoxi primer ni pintura.</li> <li>•Enmascarar la manguera para su protección.</li> </ul>
Filtros. 	<ul style="list-style-type: none"> <li>•NO APLICAR ni epoxi primer ni pintura.</li> <li>•Enmascarar los filtros para su protección.</li> </ul>

Realizó:	Código INS MYT05 Rev.00
Revisó:	Fecha:
Aprobó:	Página: 1 de 7

	<b>Instrucción de enmascarado y pintura</b>	
	Recepción <input type="checkbox"/>	Producto/ Proceso: Proceso
	Fabricación <input checked="" type="checkbox"/>	Equipo: Todos
	Control Final <input type="checkbox"/>	Cliente: Todos


Item	Instrucciones
Placas de identificación. 	<ul style="list-style-type: none"> <li>•NO APLICAR ni epoxi primer ni pintura.</li> <li>•Enmascarar para su protección.</li> </ul>

Item	Instrucciones
Superficies roscadas. 	<ul style="list-style-type: none"> <li>•NO APLICAR ni epoxi primer ni pintura.</li> <li>•Enmascarar las roscas (macho o hembra) con, por ejemplo, pernos.</li> </ul>

Item	Instrucciones
Puntos de contacto eléctricos. 	<ul style="list-style-type: none"> <li>•NO APLICAR ni epoxi primer ni pintura.</li> <li>•Enmascarar los puntos de contacto.</li> </ul>


Realizó	Código INS MYT05 Rev.00
Revisó	Fecha:
Aprobó	Página: 2 de 7



	Instrucción de enmascarado y pintura	
	Recepción <input type="checkbox"/>	Producto/ Proceso: Proceso
	Fabricación <input checked="" type="checkbox"/>	Equipo: Todos
	Control Final <input type="checkbox"/>	Cliente: Todos


Item	Instrucciones
Indicadores y visores. 	<ul style="list-style-type: none"> <li>•NO APLICAR ni epoxi primer ni pintura.</li> <li>•Enmascarar para su protección.</li> </ul>
Agujeros pasantes con precisión requerida (por ejemplo ejes y bridas). 	<ul style="list-style-type: none"> <li>•NO APLICAR ni epoxi primer ni pintura.</li> <li>•Enmascarar para su protección.</li> </ul>
Engrasadores. 	<ul style="list-style-type: none"> <li>•NO APLICAR ni epoxi primer ni pintura.</li> <li>•Enmascarar para su protección.</li> </ul>

Realizó:	Código INS MYT05 Rev.00
Revisó:	Fecha:
Aprobó:	Página: 3 de 7

	Instrucción de enmascarado y pintura	
	Recepción <input type="checkbox"/>	Producto/ Proceso: Proceso
	Fabricación <input checked="" type="checkbox"/>	Equipo: Todos
	Control Final <input type="checkbox"/>	Cliente: Todos

Item	Instrucciones
<p>Cabeza hueca hexagonal de los tornillos de fijación.</p> 	<p>•NO APLICAR ni epoxi primer ni pintura.</p>
<p>Las superficies de contacto de las tomas.</p> 	<p>•NO APLICAR ni epoxi primer ni pintura. •Enmascarar para su protección.</p>
<p>Superficies de contacto (piezas mecanizadas de precisión).</p> 	<p>•NO APLICAR ni epoxi primer ni pintura.</p>


Realizó:	Código INS MYT05 Rev.00
Revisó:	Fecha
Aprobó:	Página: 4 de 7

	<b>Instrucción de enmascarado y pintura</b>	
	Recepción <input type="checkbox"/>	Producto/ Proceso: Proceso
	Fabricación <input checked="" type="checkbox"/>	Equipo: Todos
	Control Final <input type="checkbox"/>	Cliente: Todos

Item	Instrucciones
<p>Rueda dentada.</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>•NO APLICAR ni epoxi primer ni pintura en superficies de contacto.</li> <li>•Enmascarar la superficie de acoplamiento en ambos lados y el borde de los dientes.</li> </ul>
<p>Superficie de deslizamiento de los rodamientos.</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>•NO APLICAR ni epoxi primer ni pintura sobre la superficie.</li> <li>•Enmascarar el área circular para su protección.</li> <li>•Pintar la superficie alrededor.</li> </ul>
<p>Superficies de poleas.</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• APLICAR epoxi primer pero NO APLICAR pintura.</li> </ul>


Realizó:	Código INS MYT05 Rev.00
Revisó:	Fecha:
Aprobó:	Página: 5 de 7



	<b>Instrucción de enmascarado y pintura</b>	
	Recepción <input type="checkbox"/>	Producto/ Proceso: Proceso
	Fabricación <input checked="" type="checkbox"/>	Equipo: Todos
	Control Final <input type="checkbox"/>	Cliente: Todos

Item	Instrucciones
<p>Las superficies de contacto (macho y hembra) para levantar en skids y terminales.</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• APLICAR epoxi primer pero NO APLICAR pintura.</li> </ul>
<p>Ejes.</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Comprimir el eje.</li> <li>• Enmascarar a través de los agujeros, las superficies de contacto y engrasadores.</li> <li>• APLICAR epoxi primer y pintura.</li> </ul>
<p>Motores y transmisores.</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Enmascarar los agujeros roscados con tornillos.</li> <li>• APLICAR epoxi primer y pintura.</li> </ul>


Realizó:	Código INS MYT05 Rev.00
Revisó:	Fecha:
Aprobó:	Página: 6 de 7

	<b>Instrucción de enmascarado y pintura</b>	
	Recepción <input type="checkbox"/>	Producto/ Proceso: Proceso
	Fabricación <input checked="" type="checkbox"/>	Equipo: Todos
Control Final <input type="checkbox"/>	Cliente: Todos	

Item	Instrucciones
<p>Agujeros pasantes sin precisión requerida (por ejemplo para el paso de cables o tuberías).</p> 	<p>•APLICAR epoxi primer y pintura.</p>
Item	Instrucciones
<p>Las superficies de contacto de las bridas.</p> 	<p>•APLICAR epoxi primer y pintura.</p>

Realizó:	Código INS MYT05 Rev.00
Revisó:	Fecha
Aprobó:	Página: 7 de 7

## 6.2 ANEXO 2

	<b>LISTA DE VERIFICACIÓN</b>			CÓDIGO RD 8.2.3.7-1	REVISIÓN 00
				FECHA DE VIGENCIA 14/08/2017	PÁGINA 1 de 1
INFORME Nº	PROYECTO	Nº DE SERIE	CLIENTE	ELEMENTO CONTROLADO	

NOMBRE	IMAGEN PIEZA	CÓDIGO	OK?	SECTOR	OBSERVACIONES