

**UNIVERSIDAD RICARDO PALMA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE TITULACIÓN POR TESIS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA
INDUSTRIAL**



**PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA
DE PINTURA ELECTROSTÁTICA PARA PIEZAS
METÁLICAS UTILIZADAS EN TABLEROS Y CELDAS
ELÉCTRICAS.**

TESIS

**PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO INDUSTRIAL**

PRESENTADO POR:

**Bach. YARASCA MARTINEZ, JASIR JONATHAN
Bach. ESPINOZA OSCCO, MÓNICA EMILIA**

**ASESOR: Mg. Ing. JOSÉ ABRAHAM FALCÓN TUESTA
LIMA - PERÚ**

AÑO: 2015

DEDICATORIA

A mi familia en general por todo su apoyo, en especial a mi hermano Jaime Espinoza Oscco, quien siempre ha estado junto a mí, brindándome su apoyo y muchas veces poniéndose en el papel de padre.

Mónica Espinoza Oscco.

DEDICATORIA

A mis padres, por su apoyo incondicional e inalcanzable labor en mi formación como profesional.

A mi abuelo Víctor Martínez que está en el cielo y, a mi abuelo José Yarasca por sus enseñanzas a lo largo de mi vida.

Jasir Yarasca Martinez.

AGRADECIMIENTO

A nuestros familiares por motivarnos a seguir adelante y a nuestros maestros por brindarnos su apoyo y ser parte importante en el desarrollo de la investigación. Gracias por su tiempo, así como por la sabiduría que nos transmitieron en el desarrollo de nuestra formación profesional.

ÍNDICE

RESUMEN	xi
ABSTRACT	xii
INTRODUCCIÓN	1
Capítulo I : PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
1.1 Descripción y Formulación del problema principal y secundario	2
1.2 Objetivo General y Específico	3
1.3 Delimitación de la Investigación: Espacial y Temporal	4
1.4 Justificación e Importancia	4
Capítulo II : MARCO TEÓRICO	6
2.1 Antecedentes del Estudio de Investigación	6
2.2 Base Teórica Vinculada a la Variable o Variables de Estudio	10
2.3 Definición de Términos Básicos	10
Capítulo III : SISTEMA DE HIPÓTESIS	19
3.1 Hipótesis	19
3.1.1 Hipótesis General	19
3.1.2 Hipótesis Específicas	19
3.2 Variables	19
3.2.1 Definición Conceptual y Operacionalización de las Variables	19
Capítulo IV : DISEÑO METODOLÓGICO	21
4.1 Tipo y Nivel de la Investigación	21

4.2	Diseño de la Investigación	21
4.3	Enfoque	21
4.4	Población y Muestra (Probabilística o No Probabilística)	21
4.5	Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos	22
4.5.1	Tipos de Técnicas e Instrumentos	22
4.5.2	Criterios de Validez y Confiabilidad de los Instrumentos	22
4.5.3	Procedimientos para la Recolección de Datos	23
4.6	Técnicas para el Procesamiento y Análisis de la Información	26
 Capítulo V : PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS		 27
5.1	Descripción de la realidad	27
5.1.1	La Empresa	27
5.1.2	Líneas de Tableros y Celdas	28
5.2	Diagrama de Gozinto	32
5.3	Descripción del Proceso Productivo	34
5.3.1	Proceso de Recepción de la materia prima	35
5.3.2	Proceso de Corte, troquelado	35
5.3.3	Proceso de Doble	35
5.3.4	Proceso de Soldadura	35
5.3.5	Proceso de Granallado	35
5.3.6	Proceso de Pintura Base	35
5.3.7	Proceso de Pintura Acabado	36
5.3.8	Proceso de Montaje Electromecánico	36
5.4	Área de Estudio	37
5.5	Análisis de Producción de Tableros y Celdas	38
5.6	Análisis de ventas de Tableros y Celdas	42

5.7	Análisis de Costos del proceso de pintura	45
5.7.1	Consumo de pintura en el periodo en galones	45
5.7.2	Costos por consumo de pintura en el periodo	47
5.7.3	Costos por insumos en el proceso de pintura	47
5.7.4	Análisis de costos	48
5.8	Análisis de tiempos del Proceso Productivo de un Tablero y/o Celda	50
5.8.1	Diagrama de Operaciones del Proceso(DOP)	50
5.8.2	Balance de Línea del Proceso Productivo	54
5.8.3	Análisis Comparativo de Tiempos en los Procesos	56
5.9	Análisis de Reprocesos en el proceso de pintura	56
Capítulo VI : PROPUESTA DE MEJORA		
6.1.	Descripción del equipo propuesto	58
6.1.1.	Equipo de Pintura Analógico	58
6.1.2.	Cabina de Pintura	59
6.1.3.	Sistema de Extracción del polvo	61
6.1.4.	Horno de curado	63
6.1.5.	Tina de Acero Inoxidable	66
6.2.	Costo de la maquinaria	69
6.3.	Línea de Producción Propuesta	70
6.4.	Costos generados por el sistema propuesto	71
6.5.	Balance de línea mejorado	72
6.6.	Análisis comparativo de resultados	74
6.7.	Análisis económico	75
CONCLUSIONES		77
RECOMENDACIONES		79

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	83
-----------------------------------	-----------

ANEXOS

Anexo N° 1. Matriz de Consistencia (A-1)	83
Anexo N° 2. Glosario de términos (A-2)	84
Anexo N° 3. Cálculo de costos (en dólares) del proceso productivo de Tableros y Celdas (A-3)	86
Anexo N° 4. Cálculo de costos de la mano de obra (A-4)	89
Anexo N° 5. Costos proyectados del sistema actual y propuesto (A-5)	90
Anexo N° 6. Cálculo de la depreciación (A-6)	91
Anexo N° 7. Demanda de energía por áreas en Kilowatts (KW) (A-7)	92
Anexo N° 8. Diseño de las tinajas para el tratamiento químico de fosfatado (A-8)	93
Anexo N° 9. Diseño de la cabina de pintura electrostática, recuperador de polvo (extractor) y horno de curado (A-9)	94
Anexo N° 10. Cotización de los equipos de pintura electrostática (A-10)	95
Anexo N° 11. Ficha técnica de la pintura utilizada en los Tableros y Celdas (A-11)	97
Anexo N° 12. Problemas frecuentes en el área de pintura (A-12)	100
Anexo N° 13. Distribución del área de pintura (A-13)	102
Anexo N° 14. Distribución de planta actual (A-14)	105
Anexo N° 15. Distribución de planta propuesto (A-15)	106

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro N° 1. Tipos de superficies y Pre tratamientos recomendados	13
Cuadro N° 2. Líneas de Tableros	29
Cuadro N° 3. Producción mensual de Tableros y Celdas	38
Cuadro N° 4. Producción total por líneas de productos	40
Cuadro N° 5. Venta Mensual (dólares) de Tableros y Celdas	42
Cuadro N° 6. Venta total (en dólares) por línea de Tableros	43
Cuadro N° 7. Consumo mensual de pintura en galones (Periodo Enero – Agosto 2015)	45
Cuadro N° 8. Costos generados por Consumo de pintura	47
Cuadro N° 9. Costos por insumos utilizados	47
Cuadro N° 10. Costos Generados en el proceso productivo de tableros y celdas. Periodo Enero - Agosto del 2015	48
Cuadro N° 11. Resumen de Operaciones	52
Cuadro N° 12. Resumen de tiempos de fabricación por proceso	53
Cuadro N° 13. Análisis comparativo de tiempos por área	56
Cuadro N° 14. Problemas frecuentes en el proceso de pintura	56
Cuadro N° 15. Modelo y medidas de la cabina de pintado electrostático	60
Cuadro N° 16. Modelo y medidas del horno de curado	63
Cuadro N° 17. Modelo y medidas de las tinas para el tratamiento químico de fosfatado	66
Cuadro N° 18. Costo de la maquinaria	69
Cuadro N° 19. Costos del sistema propuesto	71
Cuadro N° 20. Resumen de tiempos del sistema Propuesto	73
Cuadro N° 21. Análisis comparativo de resultados: Sistema Actual vs Sistema Propuesto	74
Cuadro N° 22. Análisis Económico	75

RESUMEN

La presente investigación desarrolla un plan de mejora del área de pintura para una empresa fabricante de tableros y celdas eléctricas, que desea implementar un sistema que mejore la línea de producción de las piezas metálicas y consecuentemente reduzca los tiempos de pintado, secado y reprocesos generados que actualmente se pueden encontrar en la empresa.

Además de permitir una mejor atención al cliente en cuanto a las entregas oportunas del producto terminado y regular los procesos de producción mediante la propuesta del nuevo sistema y mejoras.

Por medio de la propuesta de implementación de un sistema de pintura Electrostática, también denominada pintura en polvo, se podrá dar un cambio sustancial tanto del entorno laboral, como productivo y económico, estableciendo medidas adecuadas que permitan trabajar de forma eficiente en el proceso de pintura.

Se inicia con un mapeo, toma de datos y evidencias relevantes que nos indican las deficiencias en el área a estudiar. Es así que se plantea demostrar que un sistema de pintura electrostática mejorará el proceso del área de pintura.

Además se muestra el costo de la inversión que representa la implementación del sistema de pintura electrostática y los beneficios al cabo de la propuesta de implementación, terminando con las conclusiones y recomendaciones al finalizar el proyecto de investigación.

Se recogieron datos del año 2015, del sistema que se utiliza actualmente en el proceso de pintura, comparando resultados con el sistema de pintura propuesto.

Palabras claves:

Pintura electrostática, pintura en polvo, fosfatado, balance de línea, costos, tableros y celdas eléctricas, piezas metálicas.

ABSTRACT

The present investigation develops an improvement plan to the painting area, for the manufacture of electrical panels and cells, that it wants to implement a system to improve the production line of metal parts and consequently reduce times of painting, drying and rework, usually generated in the company.

Also to permit a better customer service in terms of timely deliveries of finished product and regulate the production processes by proposing the new system and improvements.

By the proposal implementation of a system of electrostatic painting, also called as powder, it can make an important change between work environment as productive and economical, establishing appropriate measures and to permit work efficiently in the painting process .

It starts with a mapping, data collection and relevant evidence which indicate deficiencies in the area to study. It's like that propose illustrated a system that improve electrostatic painting process of painting area.

Also the cost of the investment required to implement the system of electrostatic painting and benefits of the proposal after the implementation, ending with conclusions and recommendations at the end of the research project it is shown.

The information was collected in 2015, of the actual system used in the painting process, comparing results with the proposed system.

Keywords:

Electrostatic painting, powder, phosphate, line balance, costs, electric boards and cells, metal parts.

INTRODUCCIÓN

En un mundo tan competitivo como el de hoy, los tiempos de entrega de los productos son cada vez más cortos, la velocidad de producción a la que deben de operar las empresas son cada vez más exigentes, y si a esto le agregamos que los productos deben de salir con calidad y a un bajo costo, entonces se torna complicado cuando no mejoramos nuestros procesos, tratando de reducir costos, tiempos de entrega, entre otros. El presente trabajo de investigación ahonda en la mejora del proceso de pintura de piezas metálicas utilizadas en la fabricación de tableros y celdas eléctricas las cuales van destinadas a operar en el mundo de la energía a diferentes sectores del país.

La eficiencia con la que se debe trabajar es cada vez más rigurosa por la competencia existente actualmente. Es por ello que se plantea la implementación de un sistema de pintura electrostática y mejoras en el proceso de pintura para reducir tiempos del proceso, reducción de costos de operación en el pintado de las piezas metálicas y una mejor calidad del producto.

Capítulo I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción y formulación de problema principal y secundario

La empresa dedicada a la fabricación de tableros y celdas eléctricas, sub estaciones de baja y media tensión para distintas industrias como el sector agrícola, sector minero, pesquero, bancos y entidades, entre otros. A menudo sus unidades se encuentran con altos problemas de corrosión debido a las condiciones a las que operan, a la intemperie, a los distintos climas, altura, cuenta con distintas áreas de proceso de fabricación, siendo una de ellas el área de metal mecánica, en la que se procesan piezas metálicas, las que vienen hacer planchas laminadas en frio y planchas laminadas en caliente, utilizadas en los tableros y celdas eléctricas, pasando por el corte, dobléz, soldadura, granallado, pintado en base y pintado en acabado final.

Dentro del área de metalmecánica se encuentra el área de pintura, compuesta por los procesos de Granallado, Pintura en base y Pintura de acabado final. El área de pintura se convierte en una área crítica por la calidad con que deben salir las piezas (10 % en re procesos), y por el tiempo que toma el secado de las piezas metálicas (24 horas de secado), tanto del pintado en base como del pintado en acabado final, debido a que se emplea un sistema de pintura líquida, ocasionando demoras a la siguiente área que viene hacer el área de montaje electromecánico, en el que se montan las piezas salidas del área pintura, con equipos eléctricos, para de esta manera, poder fabricar los tableros, celdas y sub-estaciones eléctricas.

Lo que conlleva a plantear el siguiente problema general:

1.1.1. Formulación del problema general

¿La propuesta de implementación de un sistema de pintura electrostática mejorará el proceso de pintura de las piezas metálicas utilizadas en los tableros y celdas eléctricas?

1.1.2. Formulación de los problemas específicos

- ¿De qué manera la propuesta de un proceso (tratamiento) de fosfatado, mejorará el desengrase e impurezas de las piezas metálicas utilizadas en los tableros y celdas eléctricas?
- ¿De qué manera la propuesta de un esquema de curado a las condiciones de horneado, mejorará el tiempo de secado de las piezas metálicas utilizadas en tableros y celdas eléctricas?

1.2. Objetivo general y específico

1.2.1. Objetivo Principal

Proponer un sistema de pintura electrostática para mejorar el proceso de pintura de piezas metálicas utilizadas en tableros y celdas eléctricas.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Proponer un proceso (tratamiento) de fosfatado para mejorar el desengrase e impurezas de las piezas metálicas utilizadas en los tableros y celdas eléctricas.
- Proponer un esquema de curado a las condiciones de horneado para mejorar el tiempo de secado de las piezas metálicas utilizadas en tableros y celdas eléctricas.

1.3. Delimitación de la Investigación: Espacial y Temporal

El estudio de investigación se realizará en una empresa fabricante de tableros y celdas eléctricas para el sector minero, pesquero, agroindustrial, específicamente en el área de pintura. Empresa ubicada en el distrito de independencia, en la urbanización Naranjal.

El periodo de investigación en el año 2015, periodo comprendido entre Enero y Agosto debido a que no se tuvo acceso a la información y consideramos que con estos 8 meses se estabiliza el periodo.

1.4. Justificación e Importancia

En los últimos años la empresa ha aumentado de forma porcentual su producción y las exigencias en los tiempos de entrega y calidad de los tableros y celdas eléctricas son cada vez más rigurosas por parte de los clientes. Entregar productos a tiempo, de calidad y de forma eficiente no es algo fácil de llevar cabo, sobre todo en productos que están expuestos a la corrosión de manera agresiva y es evidente que la forma de ordenar los medios productivos y la buena diagramación influye en la ejecución de sus actividades.

Los tableros y celdas eléctricas, se ponen en funcionamiento en distintas regiones del país, costa, sierra y selva y, muchas veces van instaladas en la intemperie, donde las unidades son propensas a oxidarse, cambiar de color, sufrir rajaduras, rayones, etc. De acuerdo con lo mencionado anteriormente, es necesario desarrollar una propuesta de implementación de un sistema de pintura electrostática, porque, el resultado es un revestimiento uniforme, de alta calidad, adherido a la superficie, atractivo y durable, también es amigable con el medio ambiente debido a que no contiene solventes y emiten cantidades ínfimas de volátiles a comparación de las pinturas líquidas, el consumo de energía muy bajo, economiza tiempo y recursos. Como resultado, incrementará la velocidad de

producción, cumplimiento de entrega a tiempo, bajos costos y un producto de alta calidad, logrando alcanzar niveles altos de credibilidad por parte de los clientes finales.

Capítulo II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del Estudio de Investigación

Se han encontrado tesis relacionadas a la investigación:

2.1.1. Tesis: “Mejora del proceso de pintura electrostática de la planta de producción “SUMAR” para la obtención del título de Ingeniero en Diseño Industrial. Quito – Ecuador 2012. Universidad Central del Ecuador.

Autores: Sandra M. León, Tania C. Tixe Bustamante.

205 págs.

Sandra M, León, Tania Cecilia Tixe Bustamante (2007), en su trabajo titulado: “Mejora del proceso de pintura electrostática de la planta de producción “Sumar”.

En su tesis de investigación, menciona la necesidad de implementar una serie de mejoras en el área de pintura contando ya con un sistema de pintura electrostática, para optimizar sus recursos, para ello analiza las causas probables que están generando cuellos de botella en el área de pintura.

La empresa requiere mejorar la calidad de sus productos, incrementar la velocidad de producción y optimizar el uso de los recursos. En el accionar técnico lleva a cabo una serie de procesos que le permiten la transformación de la materia prima en producto elaborado. Sin embargo en la línea de producción se nota deficiencias que en mucho de los casos no son notorias pero que exigen en un momento determinado por mantener la calidad que el producto al ser transformado tenga que ser reprocesados.

Estos inconvenientes técnicos tienen que ser analizados con el objetivo de que sean eliminados. El hecho de que en el área de pintura, las actividades técnicas que se llevan a cabo en un proceso determinado a lo largo de la línea de producción tenga que repetirse de manera obligatoria, implica un gasto extra en

los recursos como: pintura, ácido, tiempo, energía eléctrica, servicios, horas hombre, etc. En el área de pintura se observa una serie de inconvenientes técnicos, que ocasiona retrasos en producción que afecta en la calidad del producto terminado y por ende demoras en las entregas a los clientes finales. Los procesos en el área de pintura no disponen de una norma técnica y se los lleva a cabo en forma manual sin que existan indicadores que determinen eficiencia y efectividad tanto de los procesos como el control de la calidad del producto terminado.

2.1.2. Tesis: “Simulación y diseño de un mecanismo automático para desplazamiento de piezas en el área de pre-tratamiento químico de partes metálicas” para la obtención del título de Ingeniero de Diseño y Automatización Electrónica. Bogotá DC – Colombia 2007. Universidad de La Salle.

Autor: Luis Carlos Romero Bonilla, Rodrigo Quiroga Contreras
104 págs.

Luis Carlos Romero Bonilla, Rodrigo Quiroga Contreras (2007), en su trabajo de investigación titulado: “Simulación y diseño de un mecanismo automático para desplazarse de piezas en el área de pre-tratamiento químico de partes metálicas”, indican que el objetivo fue aplicar un mecanismo automático para mejorar los tiempos en el área de pintura, específicamente en el tratamiento químico de las piezas y, menciona lo siguiente: La empresa desea que se apliquen los conocimientos relacionados a la ingeniería de diseño y automatización electrónica, para la creación de un sistema o un mecanismo automático que apoye al operario en el cambio de la(s) pieza(s) entre los tanques en la fase de pre tratamiento, debido a ello se ha recolectado una serie de datos que representan los tiempos del proceso con el fin de comparar al finalizar el proyecto, cual es el impacto que ha de tener dicho mecanismo en su futura implementación.

Como se puede observar es diferente el tiempo en el cual está planificado hacer el cambio piezas entre los tanques y otro el que le toma al operario hacer esta actividad, ya que en algunas oportunidades el tiempo empleado puede ser mayor al que está establecido o en caso contrario puede ser menor, pero de lo que se está seguro, es que estos tiempos pueden afectar tanto la calidad del procesos de pre tratamiento, como también puede afectar la productividad en los procesos posteriores.

En si el verdadero problema es que no están estandarizados los tiempos entre el cambio de una pieza entre tanques, por lo cual, es necesario la optimización de este proceso, por medio de la creación de un mecanismo que apoye el operario, y haga cumplir con los tiempos estipulado de una manera eficiente.

También se puede inferir que junto al anterior problema planteado, existen otros problemas que son adyacentes a éste, como por ejemplo a nivel de seguridad industrial, el hecho de que se encuentre presente un operario el cual está continuamente expuesto a los químicos necesarios para hacer el proceso, lo cual repercute en que se halle en constante supervisión, ya que es un riesgo constante tanto como para operario y las personas que se encuentren cerca a el proceso debido a los riesgos tanto por contacto, inhalación, etc. Otro problema es la cantidad de piezas que sean procesadas, debido a la falta de estandarización de tiempos, no es fácil calcular la cantidad de piezas que pueden ser procesadas en un rango de tiempo.

2.1.3. “Diseño de una cámara para aplicación de pintura electrostática con recuperación de polvo para una empresa metal-mecánica” para la obtención del título de Ingeniero Mecánico. Guayaquil – Ecuador 2012. Escuela Superior Politécnica del Litoral.

Autor: Christian Leopoldo Paredes Salinas

304 págs.

Christian Leopoldo Paredes Salinas (2012), en su trabajo titulado: “Diseño de una cámara para aplicación de pintura electrostática con recuperación de polvo para una empresa metal-mecánica”, presenta una propuesta de una cámara de horneado para pintura en polvo, en la que muestra cómo un diseño de una cámara de recuperación en polvo trae consigo una forma eficiente y eficaz de reducir el tiempo de secado en cuanto al pintado de las estructuras y piezas, a su vez, menciona las características que debe tener la pintura en polvo, así como el tratamiento que deben llevar las piezas antes de la aplicación de pintura en polvo o electrostática.

Llegando a concluir cómo un diseño de cámara de horneado para pintura en polvo puede reducir emisiones de vapores, mejor tiempo de secado y un mejor cuidado del medio ambiente, así como una mejor salud y seguridad en el trabajo.

2.1.4. Tesis: “Selección e implementación de un sistema de pintura electrostático base polvo”. Tesis de grado para la obtención del título de Ingeniero en Mecánica Automotriz. Quito – Ecuador 2010. Universidad Internacional del Ecuador

Autor: Camilo Vicente Loaiza Córdova

190pgs

Camilo Vicente Loaiza Córdova (2010), en su trabajo de investigación titulado: “Selección e implementación de un sistema de pintura electrostático base polvo”, propone la implementación de un sistema de pintura electrostática para la Universidad Internacional del Ecuador, en donde evalúa una serie de características como procesos, técnicas y seguridad, para la correcta aplicación del sistema de pintado. Así mismo especifica el tipo de trabajos que se pueden realizar con el sistema de pintura, como son trabajos pequeños. Concluyendo que la implementación de un sistema de pintura en polvo reduce el costo de

producción en línea de algún producto, ya que la materia prima, como es el “polvo”, es reutilizable casi al 100 %.

2.1.5. Tesis: “Estudio para la implementación de estrategias de mejoramiento continuo en la empresa “Hercas”” para la obtención del título de Ingeniero Industrial. Cuenca – Ecuador 2012. Universidad Politécnica Salesiana

Autor: Cesar A. Cabrera Tapia, Villacís Pillacela Diana Patricia.

307pgs

Cesar A. Cabrera tapia, Villacís Pillacela Diana Patricia (2012), en su investigación titulada: “Estudio para la implementación de estrategias de mejoramiento continuo en la empresa “Hercas””, mencionan las ventajas de un sistema de pintura en polvo, lo que haría más eficiente la aplicación del mismo, el hecho de que no son inflamables, la reducción de área siendo comparativo con las mismas proporciones con pintura líquida, y hace referencia a lo siguiente: “Tiene un 95% de la pintura que no queda aplicada a la piezas, es menos peligrosa, para la salud de los operarios en comparación de la pintura líquida y tiene una resistencia físico-química muy superior frente a impactos, rayones, dobleces y agentes químicos” (pág. 39).

2.2. Base teórica vinculada a la variable o variables de estudio

Camilo Marín Villar, Coordinador de Metal Actual.

*Artículo: Pre tratamiento de superficies Metálicas: El primer paso para la calidad
www.Metalactual.com*

Proceso de fosfatado :Una vez que se realizan los tratamientos químicos y/o mecánicos, por separado o combinados, para el desengrase y desoxidado de las

piezas, los expertos en pintura proceden a aplicar productos fosfatantes en los metales, lo cual es posible realizar a través de aspersion o inmersión.

El fosfatado es una cubierta de conversión formada por la reacción superficial de un metal (hierro, zinc o aluminio) con soluciones que contengan ácido fosfórico para formar compuestos (fosfatos) insolubles sobre el metal. Así, la superficie metálica reacciona y los átomos de hierro se transforman en fosfatos de hierro o zinc; las funciones del fosfato son fijar las capas orgánicas al metal y prevenir de la corrosión a la base sí hay ruptura de la cubierta de pintura.

A nivel nacional y para el tratamiento de metales que van a ser pintados se emplean regularmente fosfatos de hierro y de zinc. Al primero, se le denomina fosfatación amorfa, término que se utiliza en contraposición de la fosfatación micro cristalina del fosfato de zinc, simplemente porque las partículas de hierro generadas en la reacción con el acero visualmente no presentan cristales definidos al microscopio, como sí lo hacen las de zinc.

El fosfato de hierro presenta algunas propiedades fundamentales:

- Brinda a la pintura buen anclaje con excelentes propiedades mecánicas, al menos iguales a la fosfatación cristalina (zinc) de bajo espesor.
- Imparte una buena protección anticorrosiva, si bien inferior al fosfatado de zinc, pero claramente superior a la pintura sobre metal desnudo.

Así y según la recomendación de Rodrigo Gallego, el fosfato de hierro es apropiado para preparar la superficie antes de pintar, de preferencia en artículos metálicos que se utilizan en interiores. Por su parte, el zinc entrega mejores resultados y es para metales que requieran de gran protección anticorrosiva, como los empleados en la industria automotriz, de electrodomésticos y todas aquellas que proyectan su producción a la exportación, para garantizar sus productos.

La capa fosfato hace las veces de agente útil para el revestimiento final, pues, por sí mismo, protege limitadamente al metal contra la corrosión, por lo que siempre debe ir acompañado de una película de pintura u otro acabado. Sin embargo, al fosfatar no es necesario pintar los componentes de inmediato; como sí lo es, por ejemplo, después de desengrasar con tricloroetileno. (Ver cuadro N°1).

Actualmente, la industria cuenta con productos que realizan las tres acciones de pre tratamiento superficial simultáneamente (desengrase, desoxidado y fosfatado).

El cual es muy usual en los talleres colombianos de carpintería metálica, pues no requiere mayor inversión, se puede aplicar manualmente (estopa o brocha) y no necesita grandes instalaciones.

Finalmente, con el fin de lograr excelentes resultados, especialmente en estructuras de acero que serán puestas en ambientes salinos conviene aplicar sellantes o realizar procesos de pasivado. Sin embargo, conviene advertir los nocivos efectos de los lodos o desechos del pasivado, los cuales contienen altos niveles de cromo hexavalente; en este caso se debe preferir el tratamiento con cromo trivalente, que es amigable con el medio ambiente y la salud.

Cuadro N° 1. Tipos de superficies y Pre tratamientos recomendados

Tipos de superficies a cubrir y pretratamientos recomendados						
Material	Desengrase		Decapado o desoxidado		Fosfatizado	
	Solvente	Alcalino	Acido	Mecánico	Hierro	Zinc
Hierro o acero	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Aluminio y sus aleaciones	✓	✓*	X	✓	✓	✓
Hojalata	✓	X	✓*	X	X	X
Hierro galvanizado	✓	✓	X	✓	✓	✓
Cobre y sus aleaciones	✓	✓	X	X	X	X
✓ Tratamiento recomendado						
✓ * Únicamente si se utilizan soluciones muy diluidas y durante poco tiempo						
X Tratamiento no recomendado						

Fuente: www.Metalactual.com

Desoxidación o decapado: Básicamente son métodos destinados a limpiar y desoxidar la superficie del acero para conseguir un buen anclaje del recubrimiento, al mismo tiempo complementar la perfecta limpieza del sustrato, después del desengrase. Para esto, además de los sistemas mecánicos como el granallado, se pueden emplear ácidos (químicos).

El decapado o desoxidado con ácido, dado su bajo costo es el más utilizado en la industria nacional, siendo los más comunes los ácidos sulfúrico, clorhídrico y fosfórico.

Según el proceso se emplean diferentes ácidos, para adecuar la superficie para posterior pintado se recomienda el uso de ácido fosfórico, ya que favorece la adherencia de la pintura.

Tal como explica el ingeniero mecánico Bernardo Reyes, gerente general de Recubrimientos Industriales, compañía dedicada a la aplicación de revestimientos galvánicos.

La desoxidación con ácidos sólo es recomendable para tratar aceros, ya que estos químicos afectan y dañan los metales no ferrosos como el aluminio y el cobre. Reyes menciona que los solventes del tipo clorado, aunque permiten obtener buena adherencia de la capa de pintura, la resistencia a la corrosión es muy pobre. De tal forma, la limpieza con estos productos sólo es aconsejable como paso previo a la fosfatación o para piezas que no tengan exigencias de corrosión. En últimas, el ingeniero destaca que cuando la pieza este perfectamente limpia, desengrasada y desoxidada; léase: perfecta, no solamente aceptable o bien, el recubrimiento será excelente. Si no se realizan estos dos pasos correctamente, el trabajo, inversión y tiempo se pierden, porque el recubrimiento no tendrá la suficiente adherencia y resistencia.

Esquema de Curado a las condiciones de Horneado: El curado de la pintura electrostática sobre la pieza aplicada también es conocido como el proceso de polimerización, y básicamente consta de activar la reacción química del sistema de resinas por medio de calor. El perfecto balanceo del sistema de sustratos y el período en que la temperatura de este sustrato permanece en la especificación entregada por los boletines técnicos (específicos para cada línea de productos) determinará la perfecta nivelación y la performance especificada para los ensayos Físicos y Químicos. (Francescutti, 2007)

Existe una clasificación principal de estos hornos de acuerdo al tipo de operación:

- **Convección:** Estos hornos consiguen llegar a la temperatura de curado a través del calentamiento del aire dentro del recinto donde se colocan las piezas. Para lograr esto, se pueden utilizar tanto quemadores de gas como resistencias eléctricas, y sistemas de recirculación de aire para generar la convección forzada.

A su vez, estos hornos se pueden utilizar en forma estática (trabajo por tandas o lotes) o en forma continua (línea continua de producción).

- **Radiación:** La técnica que estos hornos utilizan para lograr la temperatura necesaria es la radiación infrarroja. La presencia de calor radiante es prácticamente imperceptible y el secreto de su funcionamiento reside en la absorción de la radiación por los objetos.

- Los hornos infrarrojos eléctricos son, por lo general, continuos debido a que las piezas deben estar en contacto directo con la radiación (situación que no es posible en los hornos por tandas convencionales).

Pintura en Polvo: La Pintura en Polvo es una mezcla homogénea de cargas minerales, pigmentos y resinas en forma sólida, en forma de partículas finas.

La pintura electrostática es un compuesto de resinas sintéticas, endurecedores, aditivos, pigmentos y cargas. Los porcentajes en los cuales estos se presenten, dará a la pintura las características propias como lo son el color, la resistencia, la flexibilidad y el acabado.

Existen tres tipos de pintura comercial: la epoxi, la poliéster-Tgic, y la epoxi/poliéster (híbrida).

- La pintura Epoxi está conformada por resinas epoxídicas, las cuales son utilizadas principalmente con fines funcionales, sacrificando así un poco el acabado. Las características esenciales de este tipo de pintura es que cuenta con una elevada resistencia a los impactos, garantiza un muy buen

rendimiento de aplicación, mejora la adherencia de las posteriores capas de pintura, tiene un alto agente para evitar la oxidación y no es contaminante.

En contraprestación a estos beneficios, la pintura epoxi tiene muy baja durabilidad en brillo y acabado, y no son recomendados para aplicaciones a la intemperie. Las aplicaciones más comunes para este tipo de pinturas son: Anticorrosivos, acabados funcionales, y resistencia química.

- La pintura poliéster-Tgic contienen resinas de poliéster endurecidas con triglicidil isocianurato. Las características esenciales de este tipo de pintura es la alta resistencia a la intemperie, con una alta retención de brillo, mantiene estables los colores y el acabado, tiene alta resistencia a los rayos ultra violetas y a la temperatura. En contraprestación a estos beneficios, la pintura poliéster-Tgic tiende a reventarse si se tiene una alta carga funcional, como lo pueden ser impactos y dobleces, también tiene menor resistencia a la oxidación y a los agentes químicos. Las aplicaciones más comunes para este tipo de pintura son: exteriores, zonas donde se genere calor y obras de arquitectura en la parte de acabados.
- La pintura epoxi/poliéster contiene resinas poliéster, las cuales son endurecidas con resina epoxídicas. Las características esenciales de este tipo de pinturas es una mezcla de propiedades entre la pintura epoxi y la poliéster en menores proporciones pero de manera más homogénea en general. Ya que mezcla los beneficios de trabajos en intemperie con la resistencia a los impactos y la dureza de la epoxi. Las aplicaciones más comunes para este tipo de pinturas son: usos generales en interiores y decoración, usos en exteriores no muy prolongados.

En la aplicación de pintura en polvo deben distinguirse dos procedimientos:

- Procedimiento corona: carga electrostática por alta tensión; (40-100kV); universal: ~ 15 %.
- Procedimiento tribo: carga electrostática por fricción; universal: ~ 15%.

Reducción de reprocesos: En la Inspección final de sistema de pinturas se debe tener en cuenta como mínimo la evaluación de los siguientes factores:

- Medición de espesor de película: Las mediciones del espesor de película seca se efectúan después del curado completo de los recubrimientos, y determina si se ha alcanzado el espesor en el rango de aceptabilidad especificado. Es el único valor que puede verificarse en cualquier momento sin que se dañe el recubrimiento.
- Evaluación de la adhesión: La protección anticorrosiva del acero mediante el uso de recubrimientos depende de una buena adhesión de la pintura a la prueba de adhesión según norma ASTM D 3359 es realizada por el método de corte (con navaja) en forma de cruz o de cuadrícula dependiendo del espesor de película seca del sistema de pinturas. Los resultados son de carácter cualitativo basados en una escala visual con seis niveles o grados de adherencia, evaluando el grado de resquebrajamiento a lo largo de los bordes de los cortes.
- Evaluación del curado:

Prueba del papel lija, es especialmente aplicada en aquellas pinturas de gran dureza en su acabado. Cuando se lijan las pinturas forman un polvillo cuando están completamente curados, caso contrario, se vuelven pegajosos con el papel lija.

Prueba de Dureza con Lápiz (ASTM D 3363), en este ensayo se utilizan lápices de dureza con escala: 5B- 4B- 3B- 2B- B- HB- F- H- 2H- 3H- 4H- 5H. La dureza es la resistencia de una película al rayado o raspadura superficial. Se recomienda comenzar la determinación por los lápices de menor dureza (B) hasta lograr cortar

la película. El valor de dureza será aquel inmediatamente anterior al lápiz que causa el daño o logra cortar el recubrimiento. (De la cruz, 2004).

Capítulo III: SISTEMA DE HIPÓTESIS

3.1. Hipótesis

3.1.1. Hipótesis General

Si se diseña un sistema de pintura electrostática, entonces se mejorará el proceso de pintura de piezas metálicas utilizadas en tableros y celdas eléctricas.

3.1.2. Hipótesis Específicas

- Si se aplica un proceso de fosfatado, entonces se mejorará el desengrase e impurezas de las piezas metálicas utilizadas en los tableros y celdas eléctricas.
- Si se aplica un esquema de curado a las condiciones de horneado, entonces se mejorará el tiempo de secado de las piezas metálicas utilizadas en tableros y celdas eléctricas.

3.2. Variables

3.2.1. Definición Conceptual y Operacionalización de las Variables

Variable Independiente: Proceso de fosfatado

El proceso de fosfatado es el proceso mediante el cual se eliminan impurezas y desengrase de las piezas a tratar, pasando luego a un fosfatado que sirve de recubrimiento para su posterior proceso de pintado electrostático (polvo)

Variable Independiente: Esquema de curado a condiciones de horneado

Es el proceso mediante el cual se secan las piezas que ingresan a un horno de curado (secado) para lograr una adherencia de la pintura en polvo.

Variable Independiente: Pintura en Polvo

Es un tipo de recubrimiento para piezas, superficies que se aplica como un fluido en polvo seco para su posterior adherencia a las piezas.

Capítulo IV: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

4.1. Tipo y nivel

Se analizan las operaciones del proceso de pintura mediante la observación directa para recolectar información y datos pertinentes, lo cual el tipo de estudio será de campo. Además se realiza un análisis del proceso actual, descripción e interpretación del proceso, lo cual es un estudio descriptivo. Por último se realiza una evaluación económica del proceso actual de pintura y propuesta.

4.2. Diseño de investigación

El estudio de investigación es correlacional con incidencia en la aplicación de técnicas de ingeniería industrial, de pretender conseguir resultados a partir de otra variable (relación de variables)

4.3. Enfoque

El enfoque de la investigación es cualitativo y cuantitativo, porque consiste en recolectar y analizar datos para desarrollar los problemas de investigación y probar las hipótesis establecidas previamente. Se realizará medición numérica, conteo y uso de estadísticas para establecer con exactitud patrones de comportamiento de la población a estudiar.

Se tomará el enfoque cuantitativo porque se pretende obtener la recolección de datos para conocer la problemática en estudio y encontrar soluciones para la misma.

Con los resultados arrojados se afirmará o negará las hipótesis planteadas.

4.4. Población y muestra

Para el estudio, se determinó como población el área de producción y, como muestra, el proceso de pintura.

4.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

4.5.1 Tipos de técnicas de ingeniería industrial e instrumentos de recolección de datos

Como técnica de investigación se empleó la observación directa.

La distribución de planta del área metal mecánica y del funcionamiento de la principal fuente de información la constituyó la observación directa de cada una de las operaciones realizadas en el proceso de pintura esto como punto de partida para realizar las mejoras en el proceso.

Se utilizará los siguientes instrumentos de gestión para el desarrollo de la tesis:

- Diagrama de actividades
- Metodología del estudio de tiempo
- Diagrama de flujo
- Diagrama de causa Efecto
- Evaluación económica
- DOP
- Balance de Línea
- Distribución de Planta

4.5.2 Criterios de validez y confiabilidad de los instrumentos

Se utilizó instrumentos aplicados en las metodologías antes mencionadas, con validez mundial.

- Hoja de seguimiento.

La hoja de seguimiento se elaboró durante y después de la propuesta de mejora, con la finalidad de corroborar si están cumpliendo dicha propuesta y si se está cumpliendo con el cronograma de trabajo.

- **Hoja de ruta**

Se utilizó la hoja de ruta, porque es un plan donde describe las secuencias de pasos para alcanzar el objetivo, que es mejorar el proceso de pintura, donde se especificó los tiempos y recursos necesarios, además se especificó la finalidad de cada actividad a realizar.

- **Plantilla de estudios de tiempos.**

En los cálculos del estudio de tiempo se utilizó técnicas de trabajo como el cronometraje industrial y muestreo de trabajo.

4.5.3 Procedimientos para la recolección de datos

4.5.3.1 Estudio de tiempos

- Se inició el procedimiento con la elección de la empresa donde laboramos.
- Se obtuvo la información sobre el proceso de pintura, mediante la técnica de observación directa.
- Continuando con el desarrollo de la observación directa, se tomaron datos como tiempos, la distancia de desplazamiento, etc.
- Luego de haber obtenido toda esta información, se elaboró un diagrama de operación de procesos, se obtendrá así una visión precisa de las actividades que se realizan en el proceso de pintura.
- Luego se pasó a observar cada una de las actividades correspondientes al proceso de pintura para realizar el estudio de tiempo.
- Se procedió a cronometrar tiempos, en que el operario realiza las actividades que comprenden las operación de arenado, pintado base, lijado, masillado y pintura acabado, utilizando un cronómetro aplicando el método de observación repetitiva, se tomará 10 muestras.
- Se observó también que por cada uno de los operarios su factor de valoración como la habilidad, esfuerzo, consistencia y fatiga con las que

elabora el operario, y también las condiciones del puesto de trabajo del mismo, con el fin de determinar la calificación de los suplementos.

- Se procedió a calcular el tiempo medio de las observaciones de cada una de las actividades que comprenden las respectivas operaciones.
- Se calculó el tiempo normal de las actividades del proceso de pintura con la tabla de valorización.
- Una vez calculado el tiempo normal y los valores del suplemento para cada actividad, se procedió hallar el tiempo estándar de dichas actividades.
- Se hará un resumen de todas las actividades y tiempos, para conocer el tiempo del proceso de pintura.

4.5.3.2 Diagrama de flujo

- En el diagrama de flujo, se presentó todo el proceso de pintura es decir, desde pedido de orden (orden de fabricación) hasta la entrega del producto al almacén.
- Se coordinó con el ejecutivo de ventas sobre todos las gestiones sobre la orden de fabricación.
- Una vez culminada la coordinación con el ejecutivo de ventas, se procedió a coordinar con el jefe del departamento de ingeniería, para la entrega de planos a producción de dicha orden de fabricación.
- Luego, se coordinó con el encargado de almacén sobre el proceso para el suministro de material hacia producción.
- Posteriormente, se comunicó al coordinador y supervisor de la planta sobre todas las actividades del proceso.
- Una vez anotada todas las actividades; desde ventas, almacén y producción se procedió a construir el diagrama de flujo. Teniendo en cuenta el orden de cada actividad y la clase de la actividad a que pertenecen, es decir, si es documentación, inspección.

4.5.3.3. Diagrama de Causa efecto

- Se estableció de manera breve y clara el problema a analizar.
- Luego se identificó y escribió las categorías que se consideró apropiada para el problema.
- Se realizó una lluvia de ideas con el fin de proponer tantas causas principales como sea posible, esto con el fin de no omitir alguna, y que pueda ser pasada por alto. Se anotó las causas dentro de la categoría a la cual correspondía
- Una vez que se identificó las causas principales, se procedió a formular la siguiente pregunta: ¿Por qué ha surgido determinada causa principal?, esto con el fin de identificar cuáles fueron las causas secundarias que habían provocado a las causas principales.
- Cuando se identificó las causas principales como las causas secundarias, se procedió a realizar un análisis detallado de cada una de ellas para seleccionar aquellas causas que estaban en la posibilidad de corregir de una manera inmediata, y asignar aquellas causas que se encuentran fuera de nuestras manos, a un responsable para su solución.

4.5.3.4. Distribución de Planta

- Se realizó una breve descripción de la distribución (ubicación), de cada proceso del área metalmecánica, especialmente del proceso de pintura que es objeto de estudio (Ver anexo N° 14).
- Se realizaron las mediciones para saber las dimensiones que requería cada proceso del área metalmecánica y cuanta superficie se necesitaba para el sistema propuesto.
- Se determinó las actividades que conforman cada subproceso, sus tiempos y la rotación de personal que interviene en ellos.

- Se identificó el equipamiento tecnológico que se requería en cada subproceso de pintura.
- Teniendo toda la información se procedió a diseñar y proponer un nueva distribución de planta para el área de metalmecánica.

4.5.3.5. Evaluación económica y financiera

- Se calculó el Valor Actual Neto (VAN), la tasa Interna de retorno (TIR) y el periodo de recupero de la inversión (PRI).
- Se calculó los costos relevantes
- Se elaboró el flujo de caja económico para el sistema actual y propuesto.
- Se establecieron los indicadores económicos de la evaluación.
- Se elaboró una matriz con los resultados cuantitativos y los aspectos cualitativos que permita comparar la situación actual y el sistema propuesto.

4.6. Técnicas para el procedimiento y análisis de la información

- Observación de las actividades del proceso de pintura
- Realizar indicadores de productos entregados a tiempo(cuadro estadístico)
- Realizar inventarios de productos entregados mensualmente al almacén.
- Contacto con las áreas de ventas, área de logística, almacén y área de ingeniería.
- Elaboración de los diagramas y aplicación de técnicas de ingeniería industrial para el proceso de pintura.

Capítulo V: PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

5.1. Descripción de la realidad

5.1.1. La Empresa

La empresa a estudiar es una empresa que se dedica a la venta de materiales eléctricos, de iluminación, y a la fabricación de tableros de control para uso industrial y doméstico; así como también ofrece servicio de calibración de instrumentos eléctricos de medición.

Actualmente cuenta con tres almacenes que se encuentran distribuidos en distritos importantes de la capital: el primer almacén, ubicado en la prolongación Parinacochas, el segundo ubicado en la Av. Nicolás Arriola y el almacén principal, donde también se ubica la planta industrial ubicado en Naranjal.

El fortalecimiento de la organización es contar con personal altamente capacitado y comprometido con la noción de liderazgo, basada en la rapidez en la atención al cliente y la buena calidad de los productos, teniendo para ello el respaldo de nuestras líneas de importación y de distribución nacional de marcas reconocidas en el mercado.

Visión: Ser reconocida en el sector metalmecánico, como una empresa que produce con avanzada tecnología y un equipo de trabajo comprometido con el aprendizaje continuo.

Misión: Garantizar la plena satisfacción de los clientes; con altos estándares de calidad, mediante la optimización de nuestros procesos con el trabajo en equipo, incorporando la innovación y la creatividad para el desarrollo exitoso de sus productos.

5.1.2. Líneas de tableros y Celdas

Se empieza describiendo las líneas de tableros que se fabrican en la empresa (Ver cuadro N°2).

a) Tableros Murales

Son tableros eléctricos de dimensiones 900 x 600 x 300 mm aproximadamente que son soportados por pernos y pueden ir empotrados. Además, van alojados dentro de un ambiente cerrado.

b) Tableros Barbotantes

Son tableros eléctricos de dimensiones mayores a los 1100 x 1000 x 300 mm, que pueden soportarse solos y que generalmente van colgados con ganchos de izaje y presentan techo inclinado debido a que permanecen en el uso exterior (Intemperie) (Ver figura N° 1).

c) Tableros Autosoportados

Son tableros eléctricos de dimensiones 1100 x 900 x 2000 mm, que se pueden soportar por sus propios medios.

Componentes:

- Gabinete, puerta Frontal, Placa de montaje y accesorios de fijación.
- Puerta Frontal de apertura de 120° a izquierda o derecha con marco de refuerzo al contorno de la misma para una mayor rigidez.
- Cáncamos para izaje.
- Zócalo Desmontable de 100mm de altura.
- Tapa de entrada de cables.
- Puerta Interna según pedido.
- Mandil o cubierta para equipos según pedido.

d) Celdas

Son estructuras metálicas de grandes dimensiones (2800 x 2400 x 1700 mm), que se pueden soportar por sus propios medios, utilizadas para la fabricación de subestaciones eléctricas. También son utilizadas como protección de transformadores de potencia (Ver figura N° 2).

e) Interruptores Sojo

Son cajuelas de dimensiones 400 x 300 x 200 mm de acero inoxidable, acompañadas de un interruptor y un transformador eléctrico.

f) Tableros de Medición

Son estructuras metálicas del tipo de tableros autoportados hechas de láminas pre – galvanizadas.

Cuadro N° 2. Líneas de Tableros

LÍNEA	DESCRIPCIÓN
222	TABLEROS MURALES
223	TABLEROS BARBOTANTES
224	TABLEROS AUTOSOPORTADOS
282	CELDAS
261	INTERRUPTORES SOJO
252	TABLEROS DE MEDICIÓN

Fuente: Datos de la Empresa

Se tiene una clasificación por líneas (222, 223, 224, 282, 261 y 252), sin embargo, es necesario mencionar que nuestro análisis de estudio son por las primeras

cuatro líneas, esto debido a que se fabrican en la empresa. Las dos últimas son importadas.

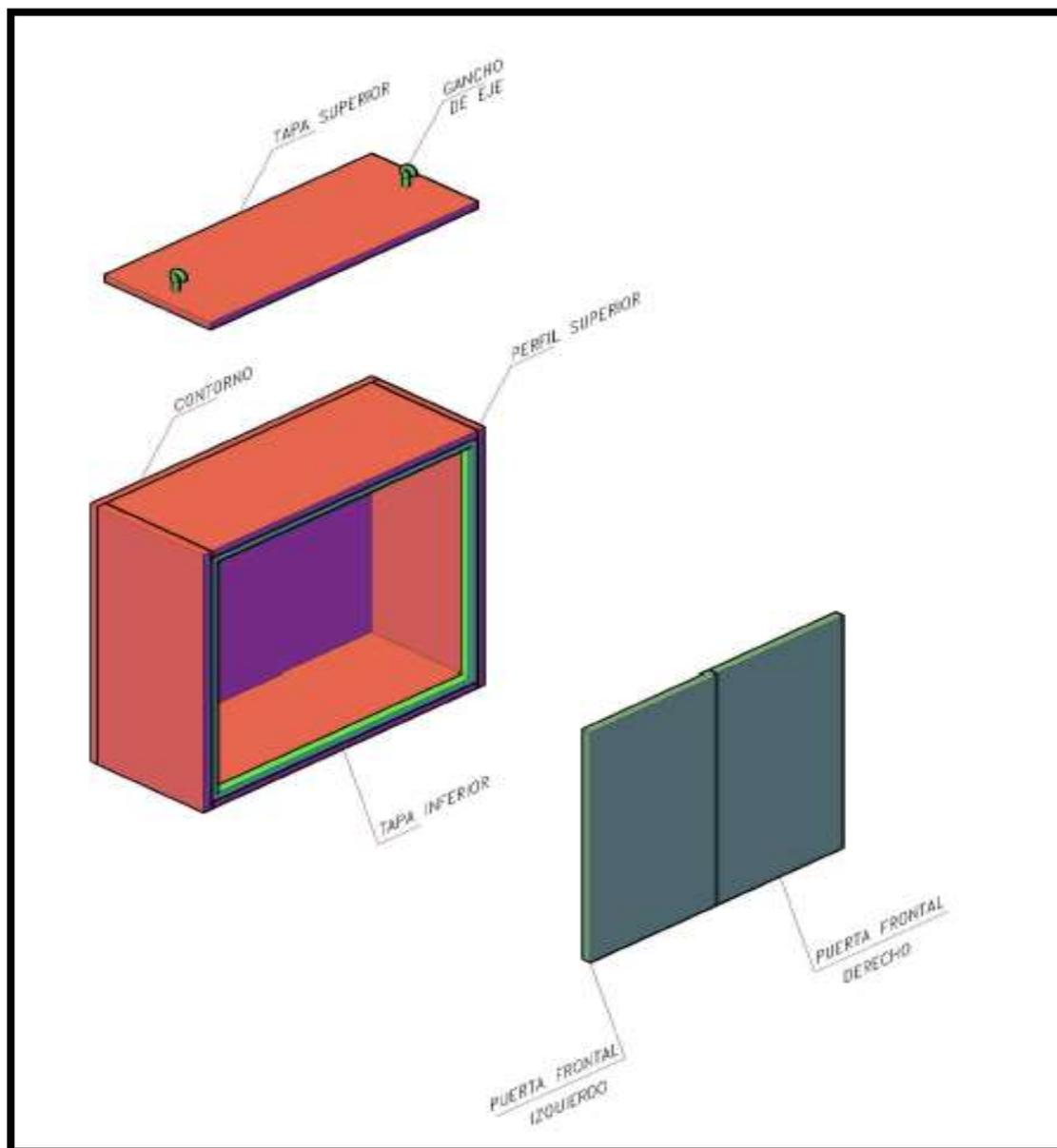


Figura N° 1. Tablero Barbotante

Fuente y elaboración propia

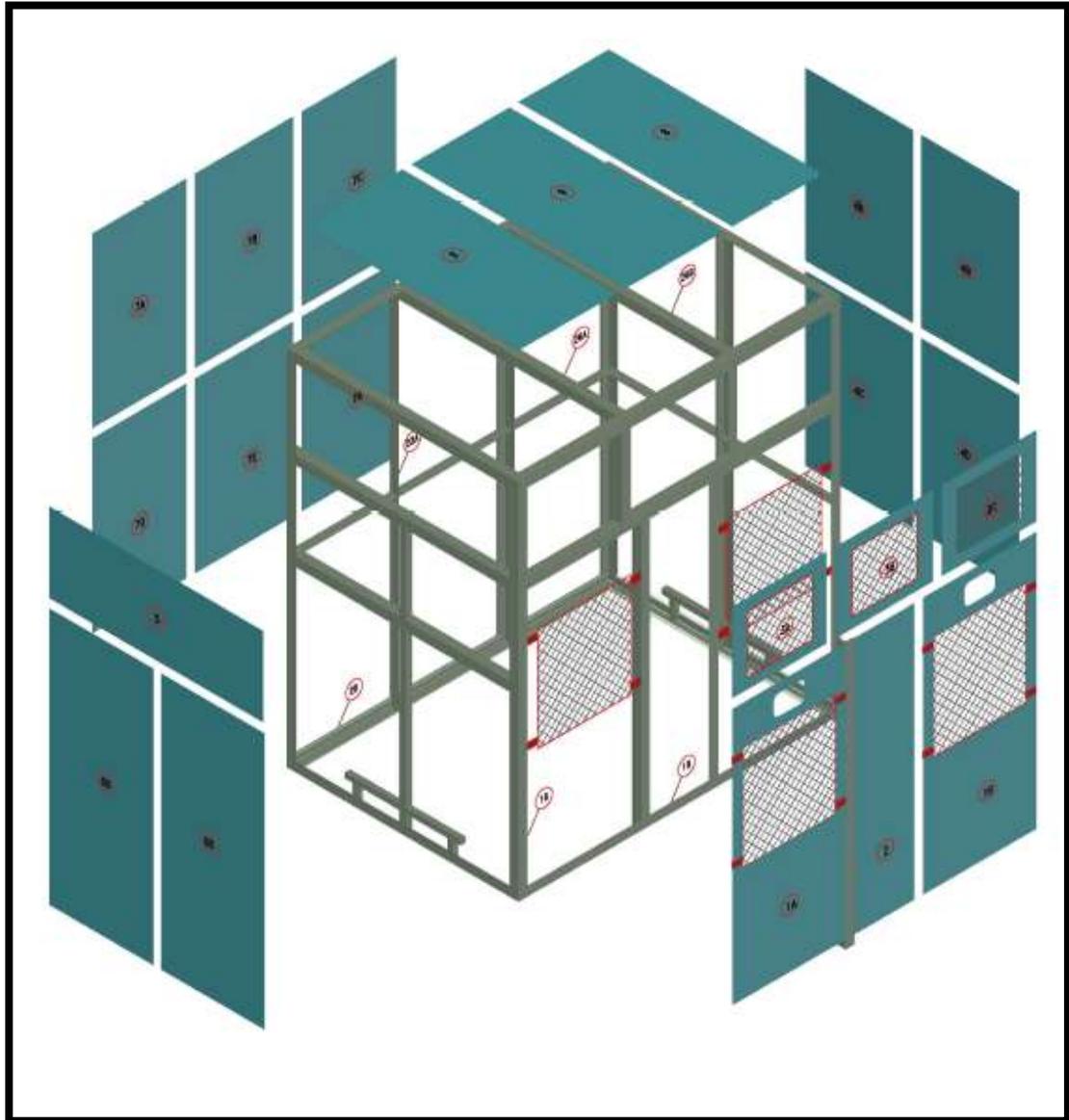


Figura N° 2. Celda representativa con paneles

Fuente y elaboración propia

5.2. Diagrama de Gozinto

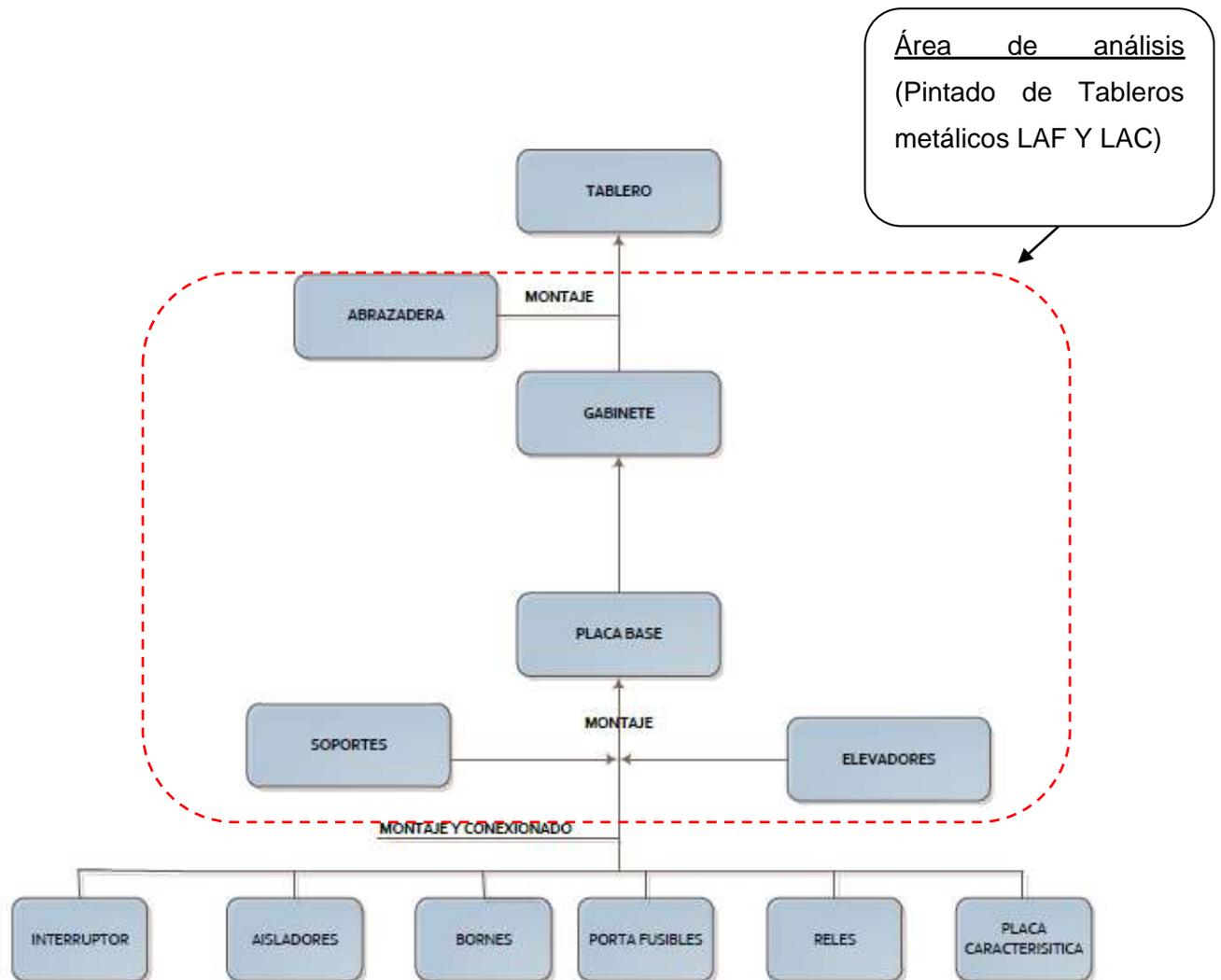


Figura N° 3. Diagrama de Gozinto de un Tablero

Fuente y elaboración propia

En el diagrama de Gozinto (Ver figura N° 3), se presentan los componentes de los cuales está compuesto un tablero. Se empieza a montar los equipos eléctricos

(interruptores, bornes, aisladores, relés, etc.) cables) y piezas mecánicas (elevadores, soportes, placa base, Bandejas, Puertas).

5.3. Descripción del proceso productivo

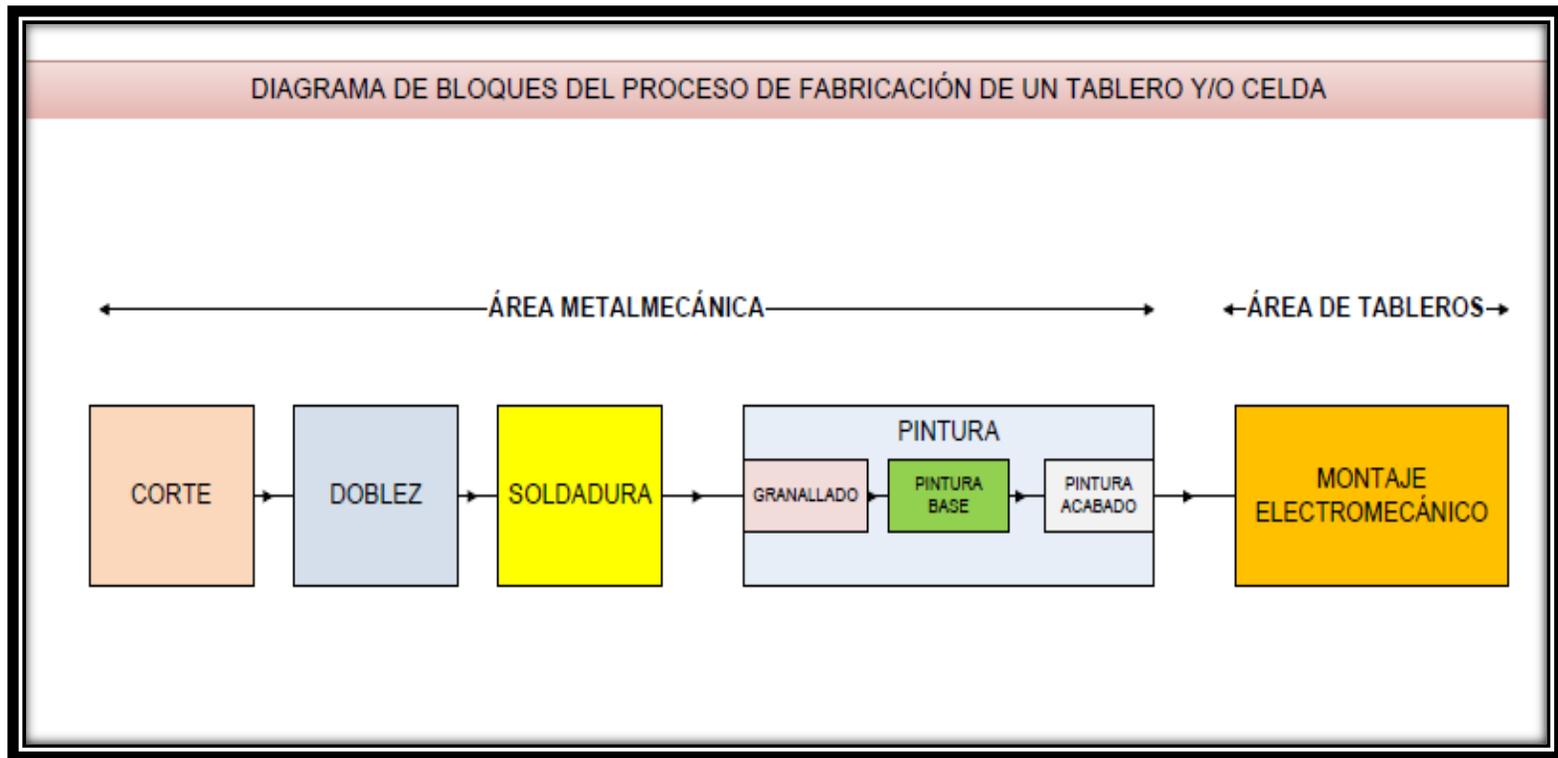


Figura N° 4. Diagrama de Bloques del proceso de fabricación de un tablero y/o celda

Fuente: Datos de la empresa, elaboración propia

La empresa para poder realizar el proceso de producción de los tableros y celdas (Ver figura N° 4), necesita realizar la siguiente secuencia en el área de metalmecánica.

5.3.1. Recepción de la materia prima

Se solicitan al almacén de materias primas e insumos necesarios para la elaboración de los tableros y celdas. Estos productos son básicamente las planchas laminadas en caliente (LAC) y laminadas en frío (LAF) de 1200mm x 2400mm. Estas planchas pasan por los siguientes procesos.

5.3.2. Corte, troquelado de planchas

Las planchas se cortan con la Guillotina hidráulica de acuerdo al diseño del producto y estas planchas pasan al siguiente proceso (Ver Anexo N° 14).

5.3.3. Dobleces

En este proceso el operario encargado realiza el doblado con la máquina plegadora de planchas de acuerdo a la indicación del plano. Luego estas piezas dobladas pasan al proceso de soldadura.

5.3.4. Soldadura

En este proceso el operario se encarga de ensamblar o armar el producto usando la máquina de soldar MIG, de acuerdo a las dimensiones indicadas en el plano.

5.3.5. Granallado

Se ejecuta con aire comprimido en una cabina para que la superficie del metal quede libre de rugosidad y óxido.

5.3.6. Pintura base

Se realiza combinación en un tanque de 5gl, donde se añade la siguiente relación $\frac{3}{4}$ gal de cromato de Zinc epóxico (pintura Base de color verde) + $\frac{1}{4}$ galon de

catalizador epóxico, luego de 15 minutos se añade 10% del galón de diluyente epóxico Universal Colors. Seguidamente se realiza el pintado con pistola (Prona R400) en una cabina. Luego se deja secar por aproximadamente 24 horas a temperatura ambiente y si se requiere el secado del material con urgencia, se seca en horno eléctrico donde se demora ½ hora. Luego de darle el tiempo de secado, se procede a medir el espesor de pintura base aplicada 3 mils (50 a 100 micrones), por control de procesos.

5.3.7. Pintura acabado

Antes de aplicar la pintura se habilita (lijado, masillado y limpieza) toda la superficie. Seguidamente se procede a preparar la combinación de lo siguiente: 3/4 gal. Esmalte epóxico + 1/4 gal. Catalizador esmalte epóxico + luego de 15 minutos se 10% de diluyente epóxico Universal Colors. Luego se ejecuta el proceso de pintado y se deja secar aproximadamente 24 horas a temperatura ambiente. Luego del secado control de procesos mide la capa máxima de espesor 3 mils, según aprobación procede al área de montaje electromecánico.

5.3.8. Montaje Electromecánico

En este proceso se procede a ensamblar la parte mecánica (estructura, puertas, paneles, elevadores) con la parte eléctrica (interruptores, relés, bornes, medidor de tensión, etc.), para posteriormente pasar al almacén de productos terminados.

5.4. Área de estudio

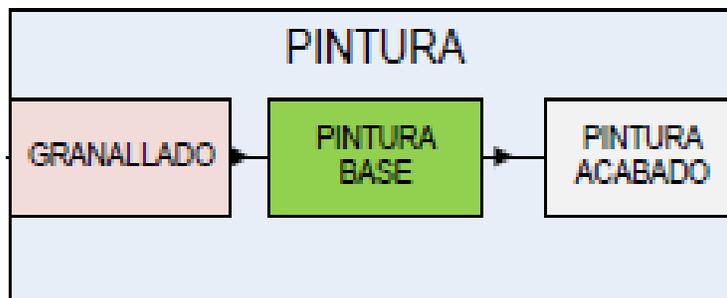


Figura N° 5. Proceso de pintura

Fuente y elaboración propia

El proceso de pintura (Ver figura N° 5), se compone de 3 sub-procesos, comprendidos por:

- Granallado
El material Utilizado es la granalla para quitar y el óxido y grasa si lo hubiera.

- Pintura Base
La pintura utilizada es Pintura Epoxi cromato de zinc (color verde) (Ver Anexo N° 13).

- Pintura Acabado
Se utilizan básicamente 3 tipos de pintura como son el esmalte epoxi gris RAL 7032, esmalte epoxi RAL 7030, esmalte epoxi RAL 7035 (Ver Anexo N° 13).

5.5. Análisis de Producción de Tableros y Celdas

5.5.1. Producción de Tableros

Cuadro N° 3. Producción mensual de Tableros y Celdas

Descripción	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Total
T. BARBOTANTES	53	23	60	6	44	15	24	24	249
T. MURALES	4	12	13	40	30	38	55	40	232
CELDAS	5	13	4	6	8	10	9	5	60
T. AUTOSOPORTADOS	2	10	6	12	15	9	14	10	78
Total	64	58	83	64	97	72	102	79	619

Fuente: Datos de la empresa, elaboración propia

Se puede apreciar que la producción de Tableros Barbotantes, Murales, Celdas y Autosoportados en los últimos 8 meses ha sido de 619 unidades en total (Ver cuadro N° 3).

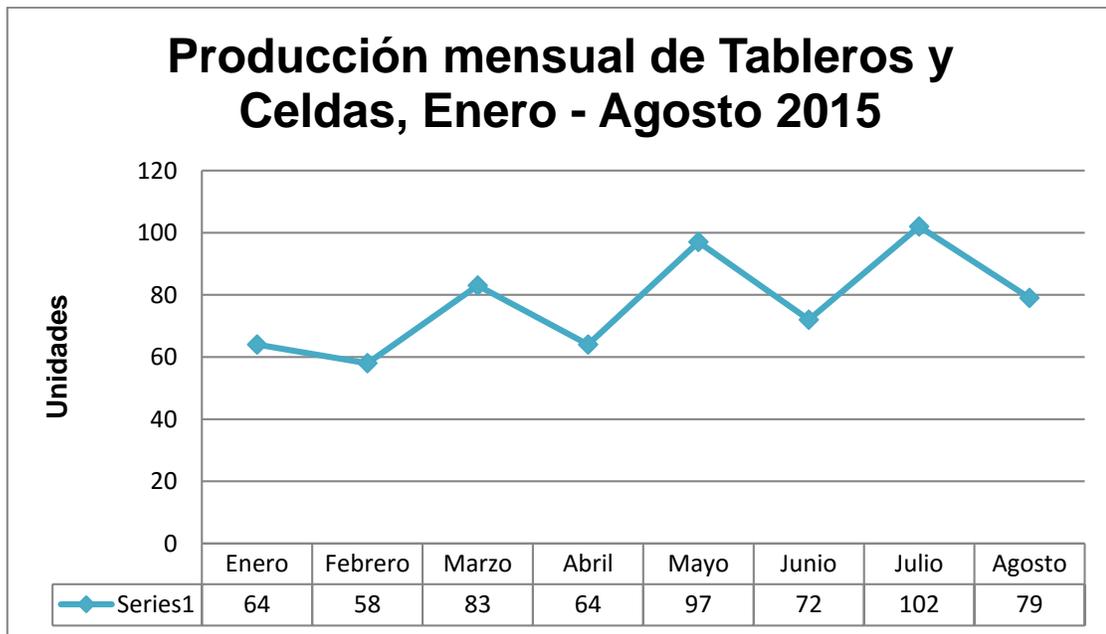


Figura N° 6. Producción mensual de Tableros y Celdas

Fuente: Datos de la empresa, elaboración propia

En la figura N° 6 se puede observar que la producción de tableros y celdas ha ido incrementando a lo largo de los meses comprendidos entre Enero y Agosto. En los meses de Mayo y Julio se ha tenido una gran producción con 97 unidades y 102 unidades respectivamente debido a que se ganaron licitaciones por un equivalente de 50 tableros entre Barbotantes y Murales, en cada mes.

Así mismo se puede apreciar que la producción más baja fue en el mes de febrero con 58 unidades. De esta manera se concluye que la producción ha ido incrementándose, teniendo una producción mínima de 58 unidades.

Cuadro N° 4. Producción total por líneas de productos

DESCRIPCIÓN	TOTAL DE UNIDADES	% REPRESENTACIÓN	% ACUMULADO
TABLEROS BARBOTANTES	249	39.65%	39.65%
TABLEROS MURALES	232	36.94%	76.59%
CELDAS	60	9.55%	86.15%
TABLEROS AUTOSOPORTADOS	78	12.42%	98.57%
INTERRUPTORES SOJO	4	0.64%	99.20%
TABLEROS DE MEDICION	5	0.80%	100.00%
TOTAL	628	100%	

Fuente: Datos de la empresa, elaboración propia

Se puede observar en el cuadro N° 4, que en el periodo de evaluación, se han fabricado una gran cantidad de Tableros Barbotantes (249 unidades) y Tableros Murales (232 unidades), con un 39.65% y 36.94% respectivamente, seguidos de Tableros Autosoportados y Celdas, con un 9.55% y 12.42 % respectivamente.

En este estudio de investigación no se ha considerado la evaluación de los Interruptores Sojo y Tableros de Medición debido a que no son fabricados por la empresa(se importan)

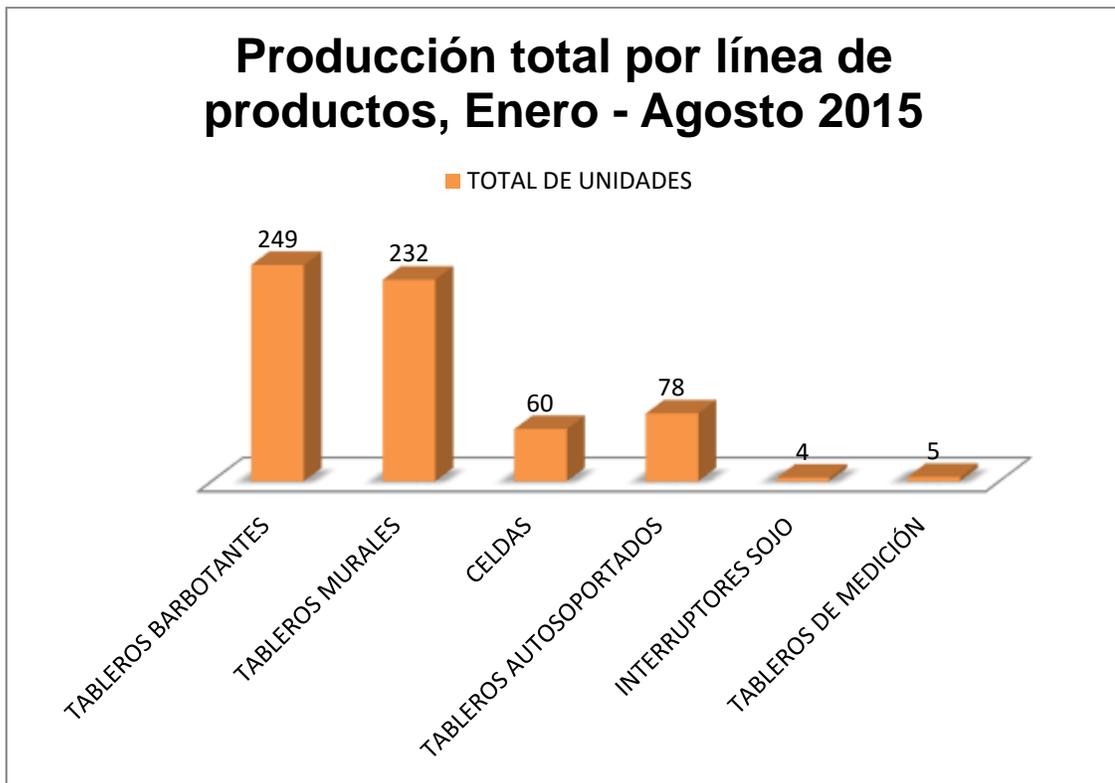


Figura N° 7. Producción total por línea de productos

Fuente: Datos de la empresa, elaboración propia

Se puede observar en la figura N° 7, que la mayor producción de tableros fue de tableros barbotantes con 249 unidades, seguido de los tableros murales con 232 unidades. En cuanto a celdas, se han fabricado 60 unidades, pero es necesario mencionar que esta línea de producto utiliza una gran cantidad de piezas metálicas (paneles y puertas), lo que hace un producto complejo y el cuidado fundamental en el área de pintura de estas piezas metálicas, por lo que es importante el tiempo de pintado.

5.6. Análisis de Venta de Tableros y Celdas

5.6.1 Venta de Tableros y celdas en el periodo

Cuadro N° 5. Venta Mensual (dólares) de Tableros y Celdas

Líneas de Productos	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto
Tableros Barbotantes	91,160.00	39,560.00	103,200.00	10,320.00	75,680.00	25,800.00	41,280.00	41,280.00
Tableros Murales	6,200.00	18,600.00	20,150.00	62,000.00	46,500.00	58,900.00	85,250.00	62,000.00
Celdas	34,410.00	89,466.00	27,528.00	41,292.00	55,056.00	68,820.00	61,938.00	34,410.00
Tableros Autosoportados	15,594.00	77,970.00	46,782.00	93,564.00	116,955.00	70,173.00	109,158.00	77,970.00
Interruptores Sojo	-	702.64	751.26	12,410.00	1,547.87	-	-	-
Tableros de Medición	31,250.42	-	-	12,184.62	41,940.22	-	-	-
Total	178,614	226,298	198,411	231,770	337,679	223,693	297,626	215,660

Fuente: Datos de la Empresa (sistema Zico), elaboración propia.

En el cuadro N° 5, podemos observar que las mayores ventas se dieron en los meses de mayo con 337,679 dólares, seguido del mes de julio con 223,693 dólares, básicamente por una gran producción de tableros barbotantes y murales, así como tableros autosoportados que han generado mayores ingresos.

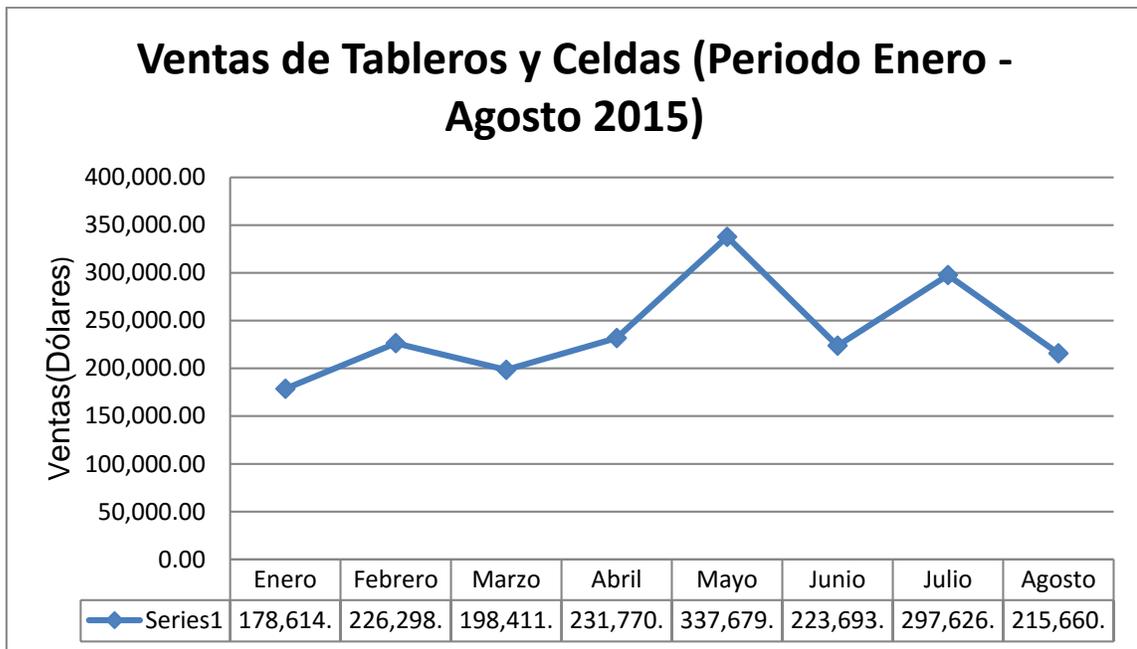


Figura N° 8. Evolución de las ventas de Tableros y Celdas

Fuente: Datos de la empresa, elaboración propia

Se puede observar en la figura N° 8, que las ventas han ido incrementado a lo largo de los 8 meses, con picos elevados en el mes de mayo y julio debido a que se ganaron licitaciones.

Cuadro N° 6. Venta total (en dólares) por línea de Tableros

Líneas de Productos	Total(Dólares)	Total (%)	Total(Acumulado)
Tableros Barbotantes	428,280.00	22%	22%
Tableros Murales	359,600.00	19%	41%
Celdas	412,920.00	22%	63%
Tableros Autoportados	608,166.00	32%	95%
Interruptores Sojo	15,411.78	1%	96%
Tableros de Medición	85,375.26	4%	100%
TOTAL	1,909,753.04		

Fuente: Datos de la empresa, elaboración propia

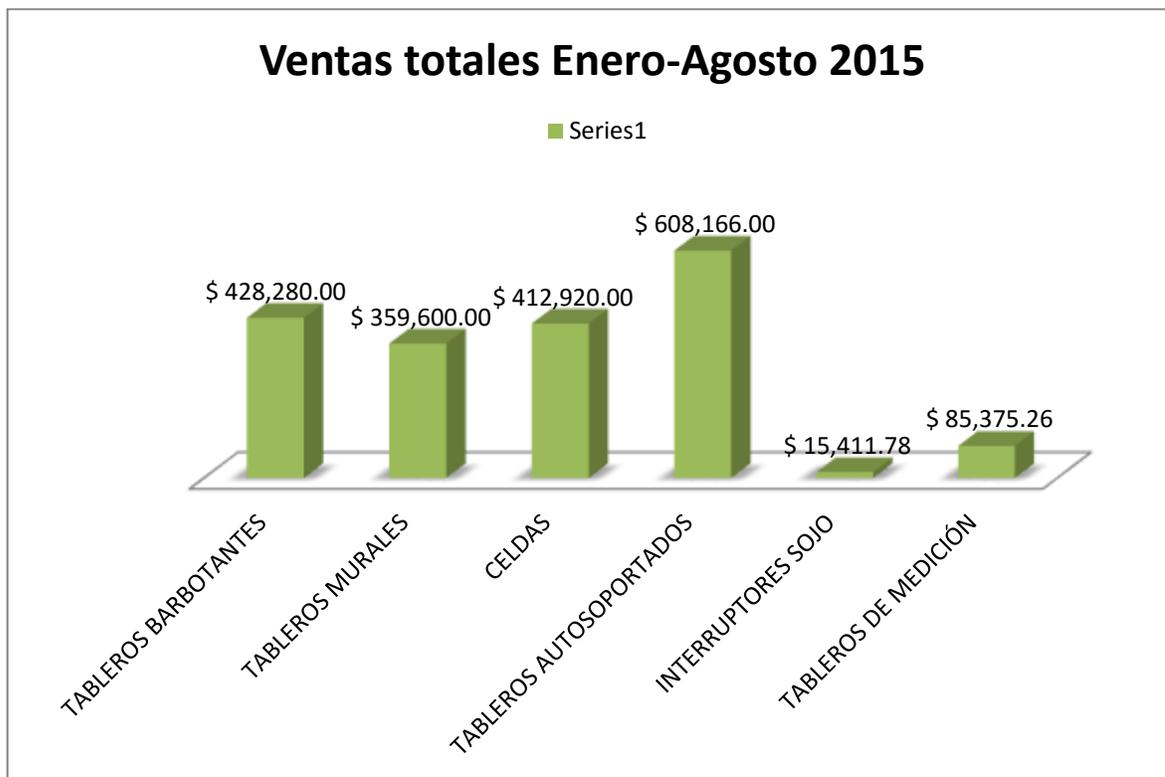


Figura N° 9. Ventas (en dólares) por línea de tableros

Fuente: Datos de la empresa, elaboración propia

Se puede apreciar que la venta de Tableros Autosportados viene hacer de \$ 608,166.00, representando un 32%, seguido de Celdas y Tableros barbotantes con \$ 412,920.00 y \$ 428,280.00, representando un 22% y un considerable 19% de Tableros Murales (Ver cuadro N° 6).

El precio que se manifiesta en el grafico (Ver figura N° 9), está incluido los materiales eléctricos que no son parte de nuestro estudio porque estamos evaluando la parte mecánica, es decir, la estructura conformada por piezas metálicas de fierro (planchas LAF Y LAC) que van a servir en la fabricación de tableros y celdas.

5.7. Análisis de Costos del proceso de pintura

5.7.1. Consumo de pintura en Galones

A continuación se muestra el consumo de pintura en galones en el periodo comprendido entre Enero y Agosto del 2015 equivalente a la producción total que se ha tenido en el periodo de evaluación (Ver cuadro N° 7).

Así mismo se muestran los insumos que se han utilizado en los diferentes meses.

Cuadro N° 7. Consumo mensual de pintura en galones (Periodo Enero – Agosto 2015)

DESCRIPCIÓN	Enero (gl)	Febrero (gl)	Marzo (gl)	Abril (gl)	Mayo (gl)	Junio (gl)	Julio (gl)	Agosto (gl)	TOTAL
ANTICORROSIVO POXI II VERDE PARTE "A"-PARTE "B" 1GLN.	33.93	36.40	40.15	33.20	97.73	28.00	71.07	32.26	372.74
ESMALTE EPOXI II GRIS PARTE "A"-PARTE"B" 1GLN. RAL-7032	27.45	31.23	33.00	27.45	80.67	22.45	55.46	26.67	304.38
ESMALTE EPOXI GRIS RAL 7035	2.20	1.40	5.56		8.78	2.42	3.76		24.12
PINTURA ESMALTE EPOXICO COLOR NARANJA	5.33	7.25	11.15	1.96	0.73	0.83	2.51	5.50	35.26
DILUYENTE EPOXICO	11.69	16.14	12.34	12.17	16.92	15.92	15.45	14.13	114.76
ESMALTE POLIURETANO GRIS RAL 7032	25.70	16.00	17.50		5.00		6.57		70.77
TOTAL	106.30	108.42	119.70	74.78	209.83	69.62	154.82	78.56	922.06

Fuente: Datos de la empresa, elaboración propia

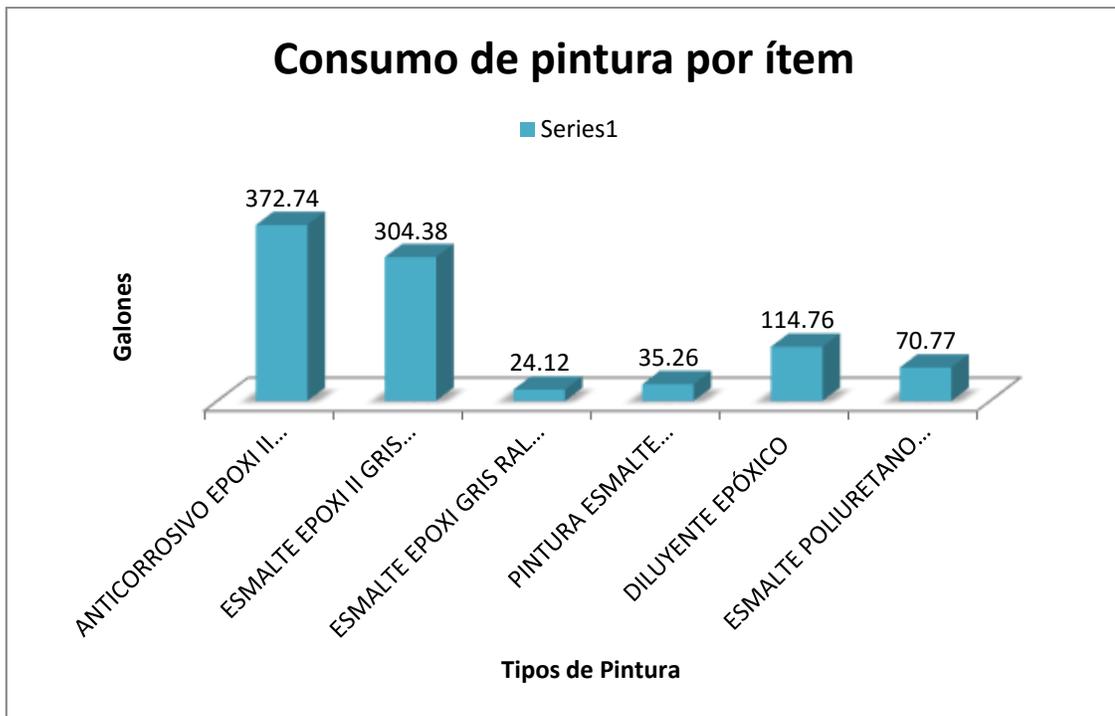


Figura N° 10. Consumo en galones por tipo de pintura

Fuente: Datos de la empresa, elaboración propia

Se puede observar en la figura N° 10, que el mayor consumo de insumos en el proceso de pintura es por el Anticorrosivo “Epoxi II Verde Parte A – Parte B”, con 372.74 galones, esto debido a que es la pintura base que se aplica actualmente a todos los tableros y celdas para posteriormente ser pintados en acabado final. Seguido del “Esmalte Epoxi II Gris RAL 7032” con 304.38 galones debido a que es la pintura en acabado la que se aplica comúnmente en los tableros y celdas y, además, el Diluyente Epóxico con 114.76 galones, debido a que es fundamental en la mezcla con la pintura Base (“Epoxi II Verde Parte A – Parte B” (Ver anexo N° 11)), y la pintura en acabado final (“Esmalte Epoxi II Gris RAL 7032” o “Esmalte Epoxi II Gris RAL 7035 (ver Anexo N° 11)).

5.7.2. Costos (en dólares) por consumo de pintura en el periodo

Cuadro N° 8. Costos generados por Consumo de pintura

DESCRIPCIÓN	Cantidad (Galones)	Precio (\$/Galón)	Costo (\$)
ANTICORROSIVO EPOXI II VERDE PARTE "A"-PARTE "B" 1GLN.	372.74	\$24.00	\$8,945.64
ESMALTE EPOXI II GRIS PARTE "A"-PARTE"B" 1GLN. RAL-7032	304.38	\$25.00	\$7,609.50
ESMALTE EPOXI GRIS RAL 7035	24.12	\$25.00	\$603.00
PINTURA ESMALTE EPÓXICO COLOR NARANJA	35.25	\$25.00	\$881.15
DILUYENTE EPÓXICO	114.76	\$9.50	\$1,090.24
ESMALTE POLIURETANO GRIS RAL 7032	70.82	\$50.00	\$3,541.00
TOTAL	922		\$22,670

Fuente: Datos de la empresa, Elaboración propia

El consumo de pintura entre Enero y Agosto ha sido de 922 galones, equivalente a 22,670 dólares. Dentro de los insumos, lo que más se ha consumido, es el anticorrosivo que viene hacer la capa protectora previa al pintado de acabado final con 372 galones, equivalente a 8,945 dólares, seguido del Esmalte Epoxi II Gris RAL – 7032, que viene hacer la pintura en acabado con 304 galones equivalente a 7,609 dólares (Ver cuadro N° 8).

5.7.3. Costos mensual (en dólares) de insumos utilizados en el pintado de Tableros y celdas

Cuadro N° 9. Costos por insumos utilizados

Descripción	Consumo mensual	unidad	Precio (\$)	Total
Arena	83.33	kg	1.40	933.33
Lija para FE grano 80	202.50	unid.	0.52	837.36
Lija para FE grano 100	157.50	unid.	0.49	617.52
Masilla plástica Bonk Flex 1/4	16.88	lata	2.49	336.74

Fuente: Datos de la empresa, Elaboración Propia

Dentro de los insumos que mayormente se utilizan en el área de pintura son lijas de fierro tanto grano 80 como grano 100 (costos mensuales de 837 y 6177 dólares respectivamente), arena, que es utilizada en el proceso de granallado (consumo mensual de 933 dólares), y masilla plástica (consumo mensual de 336 dólares) para darle uniformidad a las piezas metálicas (ver cuadro N° 9).

5.7.4. Análisis de costos del área metalmecánica

Cuadro N° 10. Costos Generados en el proceso productivo de tableros y celdas. Periodo Enero - Agosto del 2015

ÁREA	COSTOS(\$)	%	% Acumulado
PINTURA (A-3)	62,507.84	50%	50%
SOLDADURA (A-3)	31,064.82	25%	74%
CORTE (A-3)	23,750.48	19%	93%
DOBLEZ (A-3)	8,422.12	7%	100%
TOTAL	125,745.27	100%	

Fuente: Datos de la empresa, elaboración propia

Dentro de los costos que se han generado en las áreas que corresponden al área metalmecánica, se tiene que los costos generados en el área de pintura fueron de 62,507 dólares, seguido del área de soldadura con 31,064 dólares, siendo estas áreas la que generan mayores costos de producción (Ver cuadro N° 10).

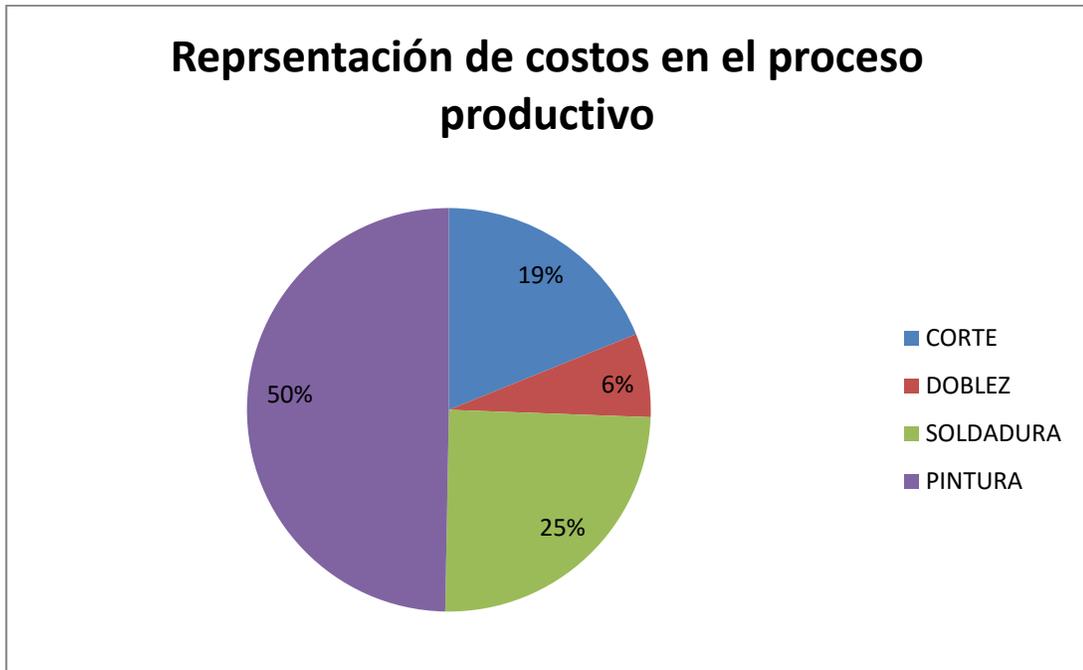


Figura N° 11. Representación de los costos generados en el proceso productivo de tableros y celdas

Fuente: Datos de la empresa, elaboración propia

Se concluye que la mayor parte de los costos son generados en el área de pintura con 50% del total de costos generados en el periodo comprendido entre enero y agosto, debido a que se emplea distintos insumos, siendo los más relevantes, la mano de obra y la pintura líquida, lo que está generando altos costos (Ver figura N° 11).

5.8. Análisis de tiempos en el proceso productivo de tableros y celdas

5.8.1. Diagrama de Operaciones de Procesos de Tableros y Celdas

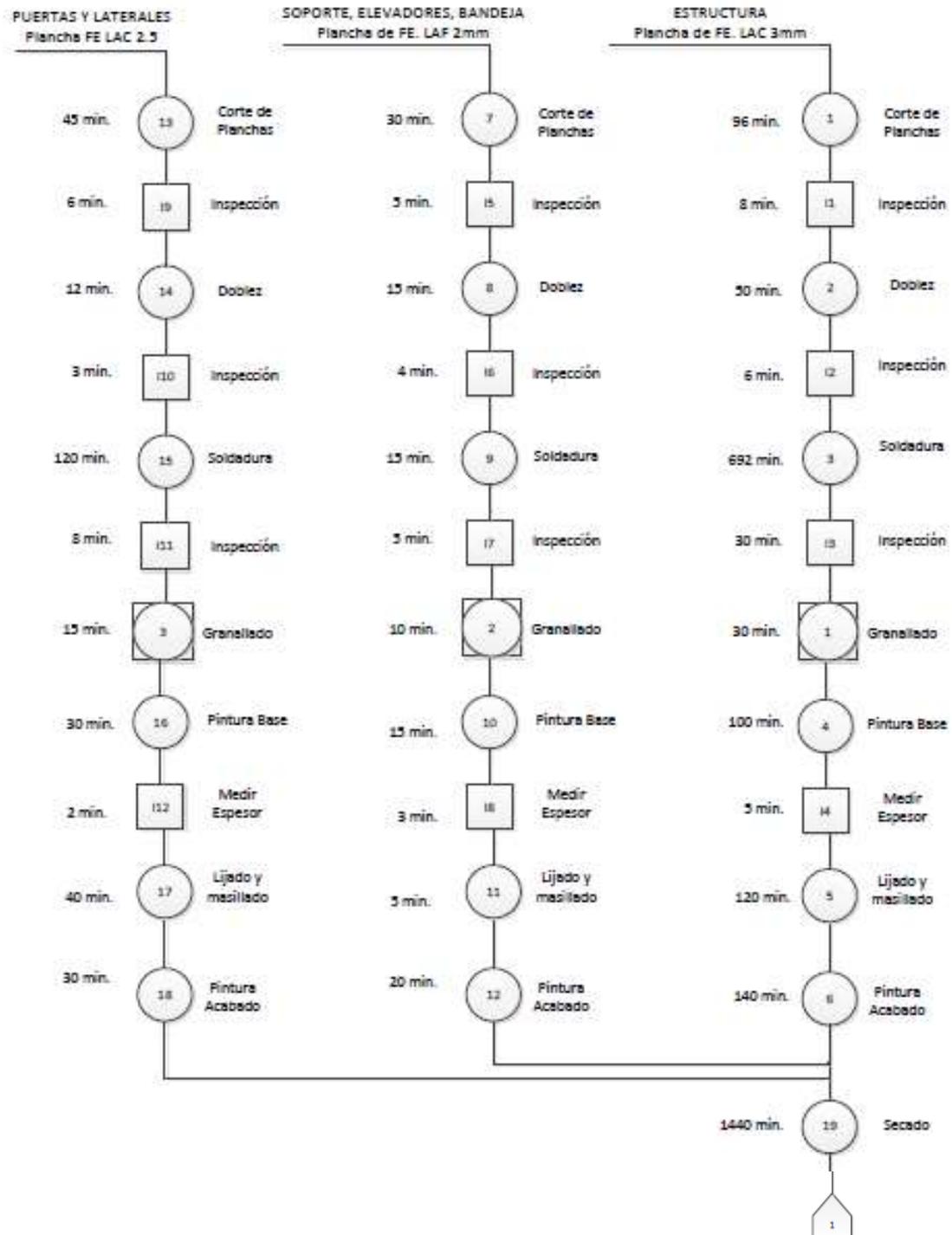
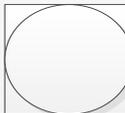




Figura N° 12. Diagrama de operaciones de procesos de Tableros y Celdas

Fuente: Datos de la empresa, elaboración propia

Cuadro N° 11. Resumen de Operaciones

OPERACIONES	N° DE OPERACIONES	TIEMPO (MIN.)	TIEMPO (HR.)
	25	4463	74.38 hrs
	13	265	4.41 hrs
	1	30	0.5 hrs
	1	-	

Fuente: Datos de la empresa, elaboración propia

El tiempo total empleado en la fabricación de un tablero viene a ser de 4,758 minutos, equivalente a 79.3 horas (Ver cuadro N° 11).

Se aprecia que se emplean 25 operaciones (Ver figura N° 12), equivalente a 4,463 minutos, es decir, 74 horas empleadas como operación del proceso. El mayor porcentaje de este tiempo es empleado en el proceso de pintura como se puede apreciar en el diagrama de operación de proceso.

A continuación se muestra los tiempos por proceso.

Cuadro N° 12. Resumen de tiempos de fabricación por proceso

Proceso	Tiempo(horas)
Corte	2.85
Doblez	1.28
Soldadura	13.78
Pintura	57.25
-Granallado	0.92
-Pintura base	26.42
-Pintura Acabado	29.92
Total	75.17

Fuente: Datos de la empresa, elaboración propia

En el cuadro N° 12, dentro de los tiempos de fabricación por unidad, podemos concluir que, el tiempo empleado en el proceso de pintura para la fabricación de un tablero es de 57.25 horas. Es aquí donde hacemos mención al tiempo de secado, ya que cuando se realiza el pintado en base, su tiempo de secado es de 24 horas y cuando pasa al pintado en acabado también debemos de esperar 24 horas para el secado de las unidades. Sumando los tiempos de secado más el tiempo de la operación de pintado nos arroja un tiempo de 57.25 horas.

5.8.2. Análisis de Balance de línea del proceso productivo

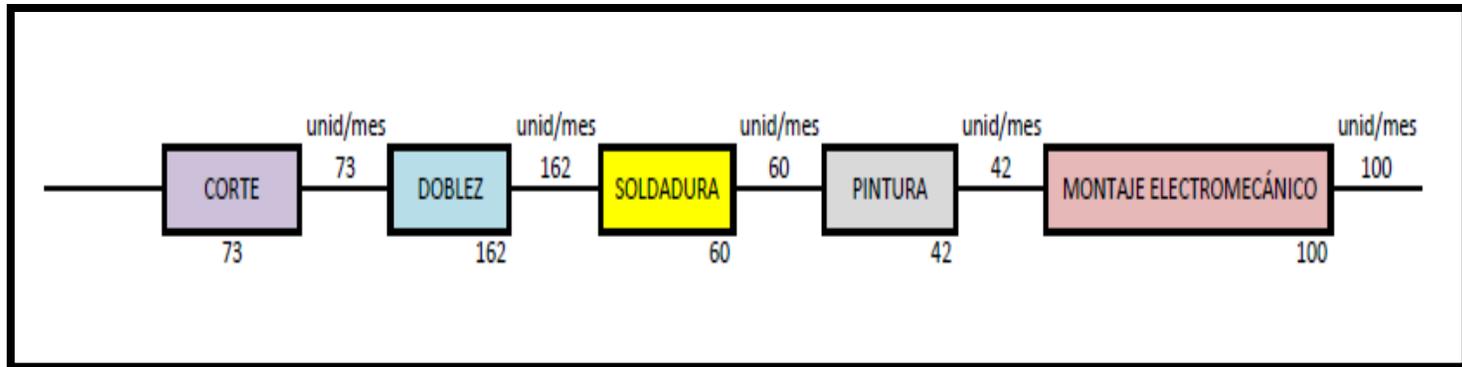


Figura N° 13. Balance de línea del proceso productivo de Tableros y Celdas

Fuente y elaboración propia

Podemos observar en la figura N° 13, que el área de pintura se convierte en el cuello de botella por la capacidad de producción actualmente, con 42 unidades por mes, generando retrasos a la siguiente área que viene hacer montaje electromecánico cuya capacidad es de 100 unidades.

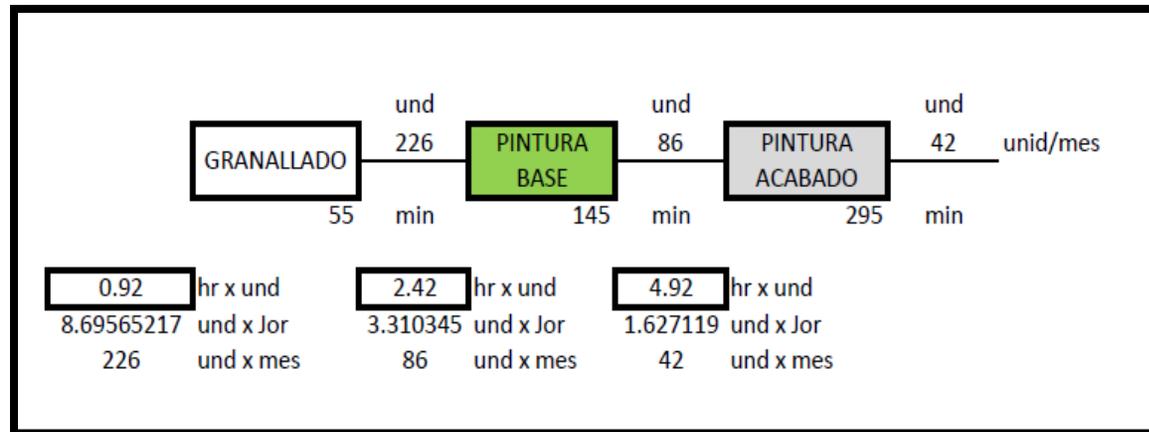


Figura N° 14. Balance de línea del proceso de pintura

Fuente: Datos de la empresa, elaboración propia

Dentro del proceso de pintura se tiene el proceso de granallado, con una capacidad de producción mensual de 226 unidades mensuales; el proceso de pintura en base, con una capacidad de 86 unidades mensuales y, el proceso de pintura en acabado con una capacidad de 42 unidades mensuales (Ver figura 14).

Por lo tanto se puede concluir que actualmente la capacidad del proceso de pintura es de 42 unidades al mes.

5.8.3. Análisis comparativo de Tiempos en el proceso productivo

Cuadro N° 13. Análisis comparativo de tiempos por área

Proceso	Tiempo(horas)
Corte	2.85
Doblez	1.28
Soldadura	13.78
Pintura	57.25
-Granallado	0.92
-Pintura base	26.42
-Pintura Acabado	29.92
Total	75.17

Fuente: Datos de la empresa, elaboración propia

5.9. Análisis de reprocesos en el proceso de pintura

Se realizó un estudio de los problemas que se presentan en el área de pintura mensualmente (Ver cuadro N° 14).

Cuadro N° 14. Problemas frecuentes en el proceso de pintura

Descripción	Total	%	% Acumulado
Deformación por el granallado (A-12)	49	38%	38%
Bajo espesor de pintura (A-12)	32	25%	63%
Rayones (A-12)	24	19%	81%
Mala aplicación de lijado y masillado	16	12%	94%
Otros	8	6%	100%
Total	129	100%	

Fuente y elaboración propia

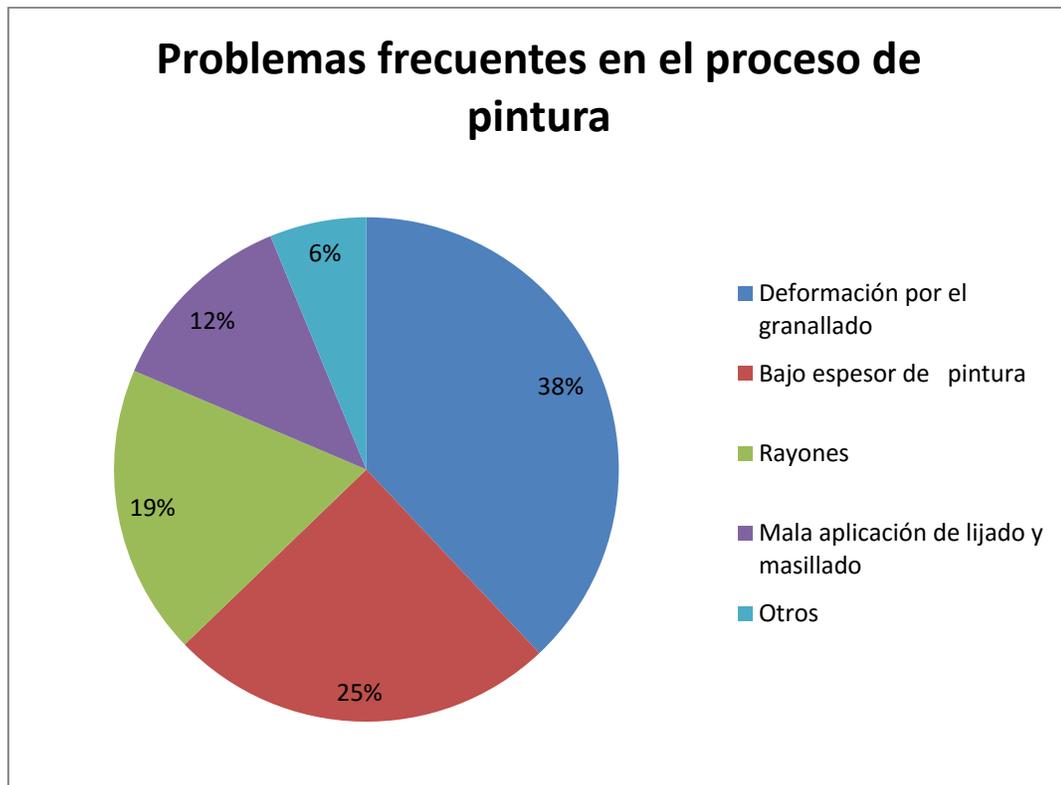


Figura N° 15. Representación en porcentaje de los problemas frecuentes en el proceso de pintura

Fuente y elaboración propia

Se puede observar en la figura N° 15, que los problemas más frecuentes se producen por el granallado, deformando las unidades, generando que se arqueen o se genere un pandeo de las piezas ocasionando retrasos en el proceso; seguido por el bajo espesor de pintura con un 25%, esto debido a que el pintado en liquido no es uniforme y muchas veces se tarda demasiado en llegar al espesor requerido (3mils). Posteriormente siguen los problemas por rayones producidos por falta de especio, manipulación inadecuada, entre otros con un 19%. Siendo estos, los problemas más críticos.

CAPÍTULO VI: PROPUESTA DE MEJORA

6.1. Descripción del equipo propuesto

6.1.1. EQUIPO DE PINTADO ANALÓGICO MARCA: POWER PLUS WX-101

La eficiencia y el manejo manual son las características principales de este equipo, con excelentes propiedades de aplicación, con cascada incorporada en la pistola.

6.1.1.1. Características Técnicas del Panel de Control.

- Tensión de Alimentación 220 V (+-10%) 50/60 Hz.
- Consumo de energía 50 watts.
- Corriente nominal de salida 0,050 mA
- Corriente máxima de salida 0,120 mA
- Max. Presión de aire de entrada 10bar (145 psi).
- Polaridad Negativa
- Presión de aire de entrada 8 bar
- Presión de salida de aire 0 a 6 bar.
- Salida de Pintura máxima 400 gr. /min.
- Consumo de aire hasta 24 m³/h.
- Seguridad IP54
- Rango de temperatura de uso 10-50 °C

6.1.1.2. Pistola de Aplicación

- Las pistolas de aplicación **POWER PLUS**, son fabricadas en material con una excelente asolación dieléctrica, con bajo peso molecular.
- Tensión nominal de salida 0-100 Kv (regulación continua).

- Disponible en chorro plano ó circular, siendo el chorro circular disponemos los siguientes radios dispersores 14,16,20,22,26 y 30 mm.
- Diseño robusto y de fácil manejo, permite una adaptación y regulación rápida de los diferentes tamaños y formas de las piezas existentes en su línea de pintado.

6.1.1.3. Reservorio de Pintura/Válvula de extracción

- Reservorio de Pintura en Polvo, con capacidad de 20 kg., fabricado en acero, revestido con pintura electrostática en polvo o tanque de acero inoxidable, facilitando un cambio rápido de color evitando la contaminación de la pintura.
- Acompaña al reservorio 01 válvula de extracción, fabricadas en aleación de aluminio, para el transporte

6.1.1.4. Carro de Transporte

- Permite agrupar todas las partes que constituyen el equipo en si para un fácil traslado dentro de la zona de trabajo.

6.1.2. CABINA DE PINTADO CON PUERTA DE ENTRADA Y SALIDA

Este Equipo es utilizado en el proceso de aplicación de la pintura en polvo, sirve para captar y recuperar la pintura no utilizada al momento de la aplicación, separa el ambiente externo del interno para evitar la contaminación. Son íntegramente construidas para un uso práctico y de fácil limpieza, la estructura que es desarmable está hecha con tubos estructurales y planchas acero galvanizado y al carbono con revestimiento y acabado en Pintura en Polvo (Ver figura N° 16).

El modelo de la cabina (Ver cuadro N° 15) con puerta de entrada y salida, sirve para trasladar la pieza a pintar por el centro de un lado a otro por intermedio de un riel para la fácil aplicación.

6.1.2.1. Modelo y medidas

Cuadro N° 15. Modelo y medidas de la cabina de pintado electrostático

MODELO		MEDIDAS INTERIORES			OBSERVACIONES
		Largo	Ancho	Altura	
CF	301523	3000mm	1500mm	2300mm	La cabina está diseñada para usar rieles, con puerta de entrada y salida

Fuente: Empresa Corporación Comatpe

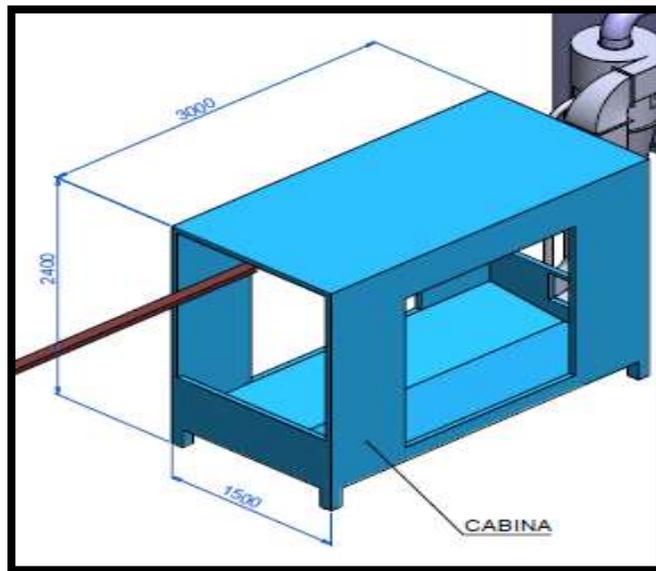


Figura N° 16. Cabina de pintado electrostático

Fuente: Empresa Corporación Comatpe

6.1.2.2. Estructura de la cabina

- Tubo Laminado en Caliente Cuadrado de 2" X 2.0mm. de espesor.
- Estructura de paneles galvanizados anti-corrosivos de 1.0 mm de espesor.
- Proceso de Soldadura MIG-MAG.
- Acabado en pintura en polvo o galvanizado.

6.1.2.3. Accesorios.

- Iluminación Hermética.
- Unidad de mantenimiento de aire (filtros).
- Pistola de limpieza

6.1.3. SISTEMA DE EXTRACCIÓN TIPO CICLÓN CON MOTOR DE 12 HP Y SISTEMA DE FILTRACIÓN TUBULAR.

El Ciclón es esencialmente una cámara de sedimentación en la que la aceleración gravitacional se sustituye con la aceleración centrífuga. Es un equipo de recolección de polvo que remueve la pintura de la corriente gaseosa, basándose en el principio de impacto inercial, generado por la fuerza centrífuga. Están situadas en la parte posterior de la Cabina y cuenta con un sistema de Filtración tipo tubular con inyectores de aire tipo pulsa- jet para una limpieza interna. Esto separa las últimas partículas de polvo del aire a través de un ducto para el paso del aire (Ver figura N° 17 y Anexo N° 9)

6.1.3.1. Tipo De Filtración

- Filtro tipo tubular de material polyester, de permeabilidad (L/m²/s): 200-350, de alto rendimiento y durabilidad.

6.1.3.2. Ventilador Centrífugo.

- Modelo: VRI-480
- Motor: 12 HP, 3600 RPM, bridado, trifásico marca SIEMENS.
- Carcasa e Impulsor: Construido en plancha de fe A-36.
- Volumen de Aire: 1204 M3/H.
- Presión Estática: 12" c.a.
- Transmisión: Chumaceras partidas, ejes, poleas y fajas.
- Balanceo: Estático y dinámico.

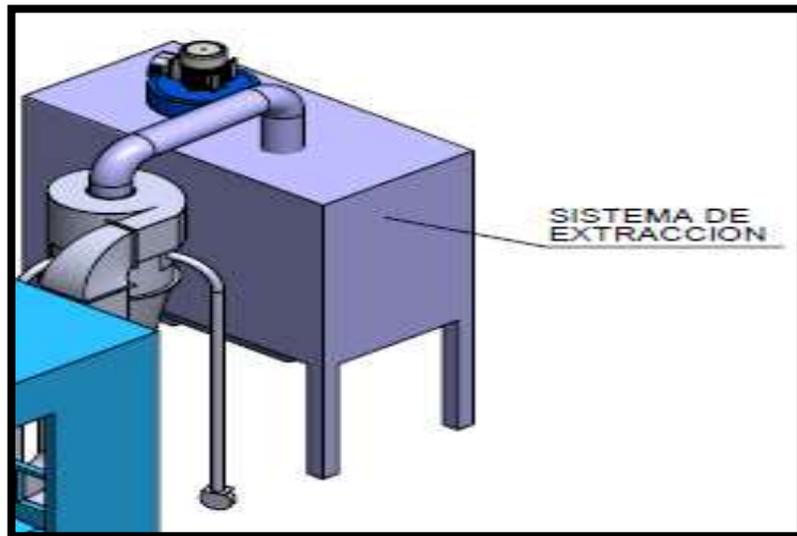


Figura N° 17. Sistema de extracción de la pintura en polvo

Fuente: Empresa Corporación Comatpe

6.1.4. HORNO DE CURADO AUTOMÁTICO CON PUERTAS DE ENTRADA Y SALIDA CON QUEMADORES INFRAROJOS CATALÍTICOS Y VENTILADOR INTERNO.

6.1.4.1. Modelo y medidas

Cuadro N° 16. Modelo y medidas del horno de curado

MODELO		MEDIDAS EXTERIORES			OBSERVACIONES
		Frente	Fondo	Altura	
HA	303024	3000mm	3000mm	2400mm	PAREDES DE 4".

Fuente: Empresa Corporación Comatpe

6.1.4.2. Estructura.

- Estructura de paneles con Tubos estructurales Laminados en Caliente Cuadrados de 4" (pulgadas) de ancho x 2.0 mm de espesor, para operatividad en temperaturas de hasta 250°C (Ver cuadro N° 16 y Anexo N° 9).
- Revestido con plancha de 1.0 mm de espesor. Galvanizada anti- corrosivos en la parte interior y planchas de acero revestido con Pintura en Polvo en la parte exterior de los paneles del Horno (Ver figura N° 18 y Anexo N° 9).
- Proceso de Soldadura MIG-MAG.
- Paneles con aislamiento térmico en fibra de vidrio de alta densidad.

6.1.4.3. Sistema de Calefacción tipo infrarrojo

- Quemadores Infrarrojos catalíticos de 8750 Kcal/h nacional con caja de acero expandido; de alto rendimiento y durabilidad. Consumo mediano de GLP 800 g/h por cada quemador.
- Sistema de calefacción de calor directo.
- Combustible Gas natural o GLP y presión de trabajo 2,8 Kpa (0,406 psi).

6.1.4.4. Control Eléctrico Automático

- Tablero de Control HERMETICO.
- Encendido y apagado automático por medio de pulsadores.
- Controlador de temperatura digital Programable Marca Toky.
- Encendedor de impulso.
- Chispero Eléctrico con sensor.
- Termocupla.
- Válvulas solenoides.
- Alarma.

6.1.4.5. Sistema de control de gas

- Regulador de presión para gas.
- Manómetros.
- Válvulas solenoides.

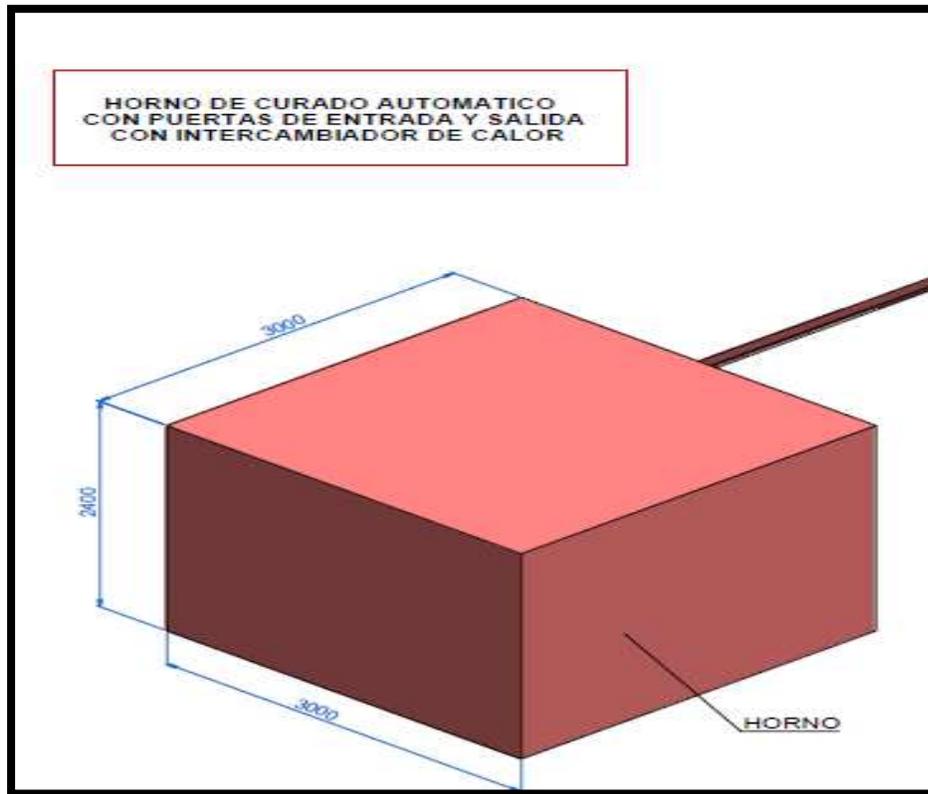


Figura N° 18. Horno de curado

Fuente: Empresa Corporación Comatpe

6.1.5. TINA DE ACERO INOXIDABLE CONTRAPLACADO PARA CALENTAMIENTO CON QUEMADORES INFRAROJOS

6.1.5.1. Modelo y Medidas.

Cuadro N° 17. Modelo y medidas de las tinas para el tratamiento químico de fosfatado

MODELO				
		Largo	Ancho	Fondo
TA	A240915	2400 mm	0900 mm	1500 mm

Fuente: Empresa Corporación Comatpe

6.1.5.2. Estructura.

- Plancha de acero inoxidable de calidad 3/16 x 2 mm (Ver cuadro N° 17).
- Plancha galvanizada de 1.2mm (Ver figura N° 19 y Anexo N° 8).
- Soporte: Tubo rectangular de 4x2 x2mm.
- Salida por válvula de desagüe
- Soldadura tig y mig.
- Aislamiento térmico con lana de vidrio de alta densidad

6.1.5.3. Tipo Infrarrojos.

- Quemadores Infrarrojos catalíticos de 8750 Kcal/h nacional con caja de acero expandido; de alto rendimiento y durabilidad. Consumo mediano de GLP 800 g/h por cada quemador (Ver figura N° 20 y Anexo N° 8).
- Sistema de calefacción de calor directo.
- Combustible Gas natural o GLP y presión de trabajo 2,8 Kpa (0,406 psi).

6.1.5.4. Control Eléctrico Automático

- Tablero de Control HERMETICO.
- Encendido y apagado automático por medio de pulsadores.
- Controlador de temperatura digital Programable Marca Toky.
- Encendedor de impulso.
- Chispero Eléctrico con sensor.
- Termocupla.
- Válvulas solenoides.
- Alarma

6.1.5.5. Sistema de control de gas

- Regulador de presión para gas.
- Manómetros.
- Válvulas solenoides.

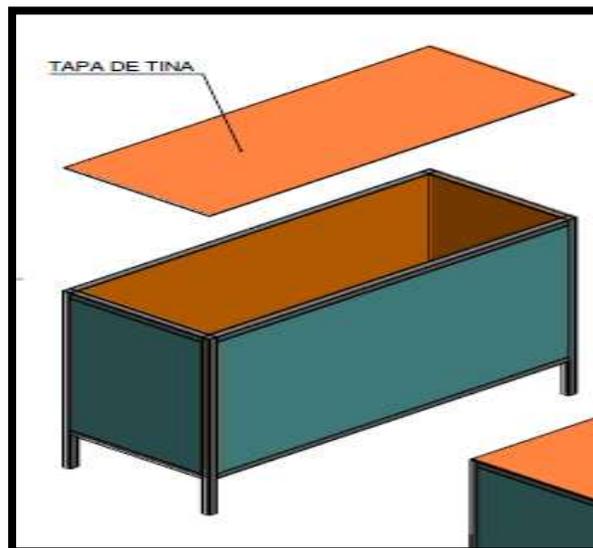


Figura N° 19. Diseño de las tinas

Fuente: Empresa Corporación Comatpe

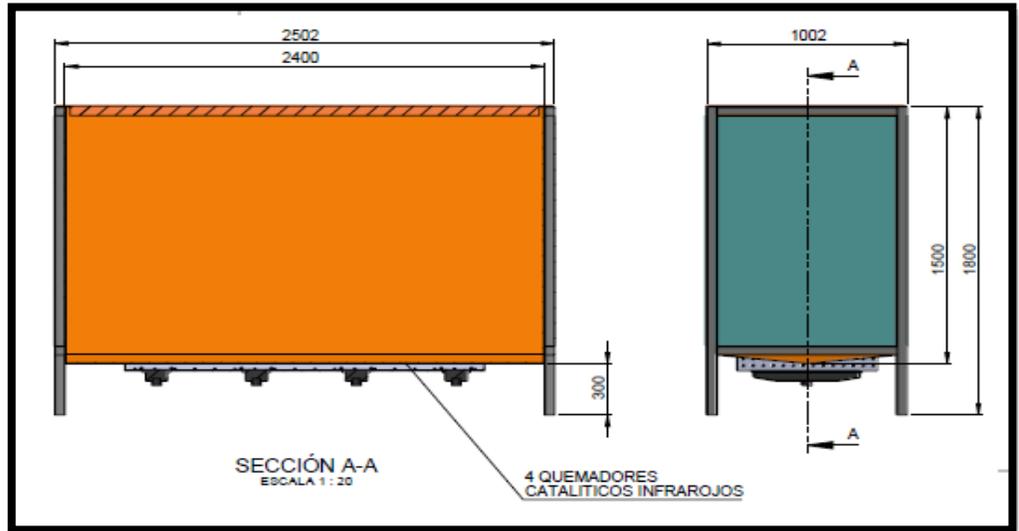


Figura N° 20. Vista en sección de las tinas
Fuente: Empresa Corporacion Comatpe

6.2. Costo de Maquinaria – Sistema de Pintura Electroestática

Cuadro N° 18. Costo de la maquinaria

Descripción	Cantidad	Precio unitario (\$)	Total
Equipo de aplicación de pintura electrostática Analógico. Mod. Power Plus WX-101	1	1,500	1,500
Cabina de pintado con puertas de entrada y salida	1	1,200	1,200
Sistema de Extracción de 12 HP con Sistema de filtración Tubular	1	4,800	4,800
Horno de Curado Automático con Puertas de Entrada y Salida, con Quemadores Infrarrojos Catalíticos	1	4,900	4,900
Tina De Acero Inoxidable Contraplacado Para Calentamiento Con Quemadores Infrarrojos	5	3,900	19,500
Total			\$31,900

Fuente: Empresa Corporación Comatpe

En el cuadro N° 18 podemos observar los costos por cada equipo que conforma el sistema de pintura electrostática, desde las pistolas de aplicación de pintura en polvo, hasta las tinas que se utilizaran para el tratamiento químico de las piezas metálicas (Ver Anexo 10).

6.3. Propuesta de la línea de pintura electrostática

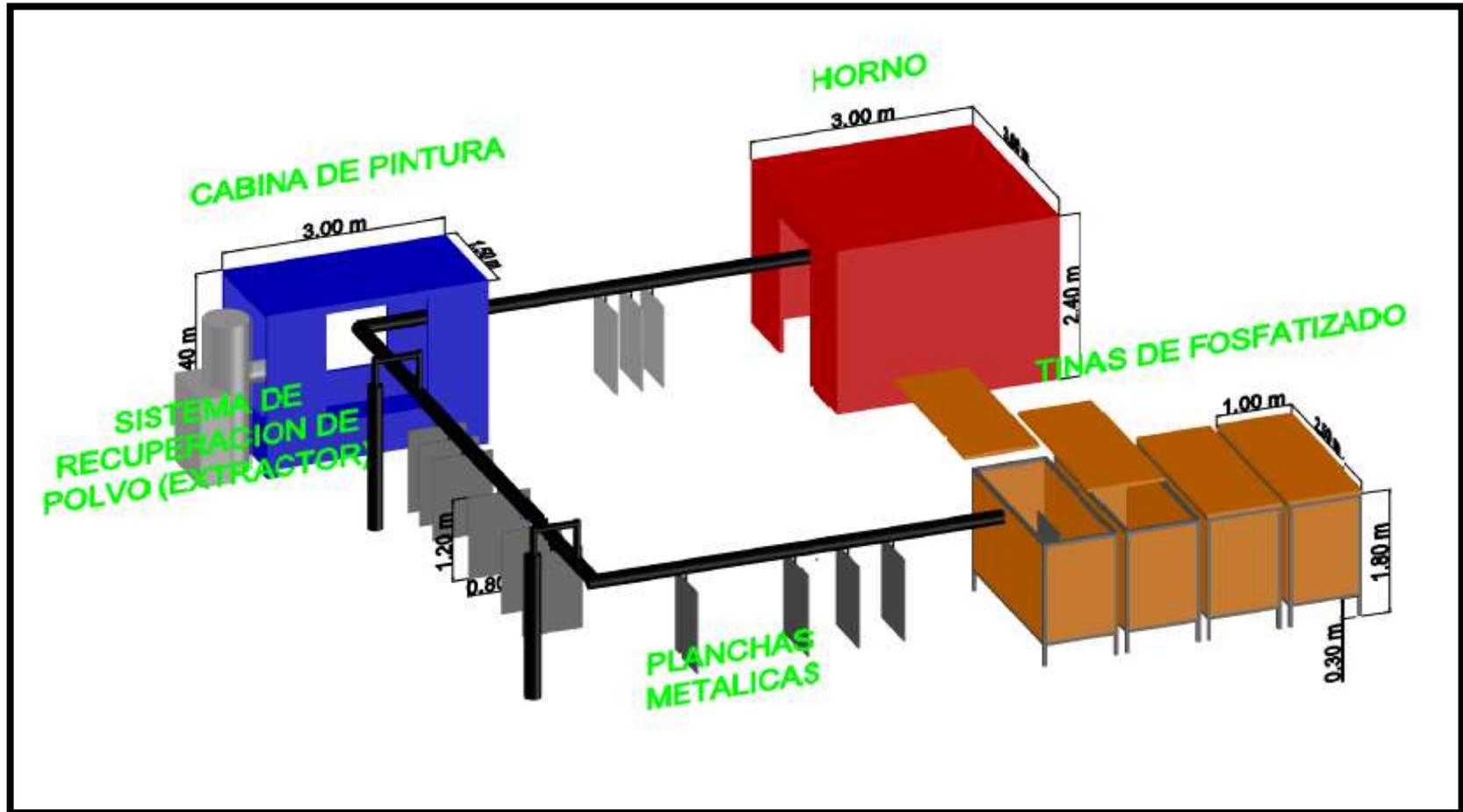


Figura N° 21. Línea de pintura electrostática

Fuente y elaboración propia

6.4. Costos generados (en dólares) por el sistema de pintura electrostática

Cuadro N° 19. Costos del sistema propuesto

Pintura Mejorado

Descripción	N° Personal	Costo(\$/Hora)	Hr/mes	Total (\$/mes)	8 meses	12 meses
Mano de Obra (A-4)	4	4	208	3,328	26,624	39,936.00

Descripción	N° maquinas	m3/hr	Horas/mes	Total (\$/mes)	8 meses	12 meses
Consumo energía	1	3.50	208	248.70	1,989.57	23874.78
Costos de mantenimiento	1	-	-	150	1,200.00	1800.00
Total Costos Indirectos					3,189.57	25,674.78

Descripción	Consumo x mes	unidad	Pu(\$)	Total (\$/mes)	8 meses	12 meses
Químicos	200.00	lts	5.00	1,000.00	8,000.00	12,000.00
Lija para FE grano 80	0.00	unid.	0.52	0.00	0.00	0.00
Lija para FE grano 100	0.00	unid.	0.49	0.00	0.00	0.00
Masilla plástica Bonk Flex 1/4	0.00	lata	2.49	0.00	0.00	0.00
Pintura en polvo	8.00	Caja(25kg)	125.00	1,500.00	8000	12,000.00
Total insumos					16,000.00	24,000.00

**TOTAL COSTOS EN
DÓLARES**

\$45,813

\$89,610

Fuente: Datos del proveedor, elaboración propia

En el cuadro N° 19 podemos observar los costos generados por el sistema de pintura electrostática, con costos proyectados anualmente(89,610 dólares), en la que se incluye la mano de obra, costos indirectos de fabricación e insumos que demanda el nuevo sistema de pintura.

6.5. Balance de línea con el sistema propuesto - sistema de pintura electrostática

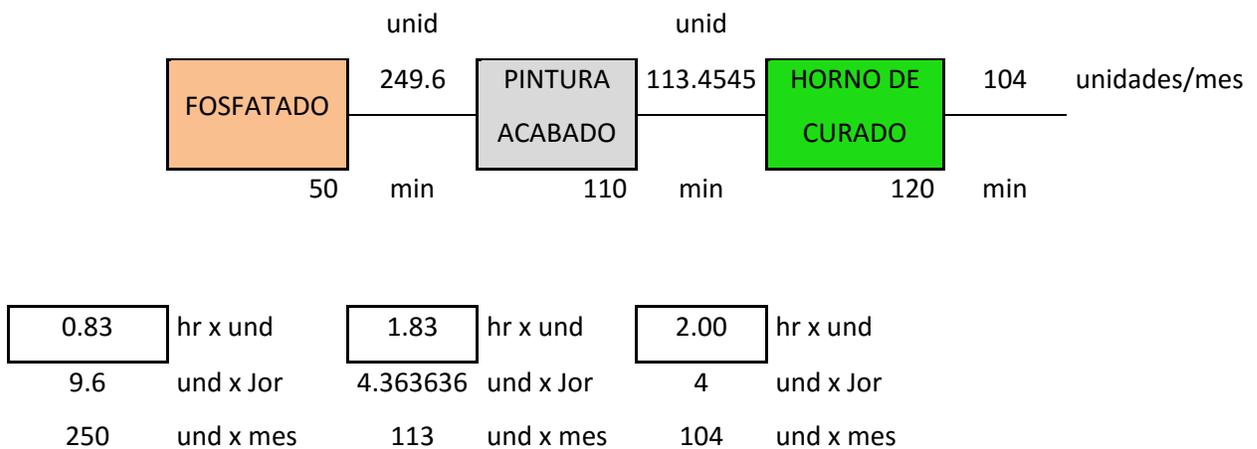


Figura N° 22. Balance de línea mejorado

Fuente y elaboración propia

Con la propuesta del nuevo sistema de pintura se generan nuevos tiempos y capacidades de producción en el área de pintura, siendo menores a los del sistema actual. El más relevante es el proceso de secado porque teniendo un horno de curado, el secado de las piezas metálicas tomaría solo 2 horas, lo que incrementaría la producción a 104 unidades mensuales (Ver figura N° 22).

Cuadro N° 20. Resumen de tiempos del sistema Propuesto

Proceso	Tiempo por unidad	
Fosfatado	50 min	0.83 hrs
Pintura Acabado	110 min	1.83 hrs
Curado(horno)	120 min	2 hrs

Fuente y elaboración propia

Por lo tanto podemos resumir los nuevos tiempos que se generan con la propuesta del sistema de pintura electrostática. El proceso de fosfatado tomaría 50 minutos comparado con los 55 minutos del granallado (proceso actual), así mismo, en el proceso de pintura acabado tendríamos 110 minutos frente a los 145 minutos del proceso actual, y el secado de las piezas tomaría 120 minutos.

(Ver cuadro N° 20).

6.6. Análisis comparativo de resultados

Cuadro N° 21. Análisis comparativo de resultados: Sistema Actual vs Sistema Propuesto

HIPÓTESIS	Indicadores	Sistema Actual	Sistema Propuesto
HIPOTESIS GENERAL	Unidades por Hora(unid./mes)	42 unid./mes	104 unid./mes
	Costo por unidad (\$/unid.)	100.98 \$/unid.	74.01 \$/unid.
HIPOTESIS ESPECFICA 1	Tiempo de desengrase (hr/unid.)	0.92 hr/unid	0.83 hr/unid.
	% de piezas defectuosas (%)	38%	5%
HIPOTESIS ESPECFICA 2	Tiempo de secado por Pieza (hr/unid.)	48 hr/unid.	2 hr/unid.

Fuente: Datos de la empresa, elaboración propia

Al comparar los resultados obtenidos tanto del sistema actual (Granallado y Pintura líquida) con el sistema Propuesto (Sistema de Pintura en electrostática), podemos apreciar que los resultados avalan el sistema propuesto, demostrando de esta manera que nuestras hipótesis planteadas se cumplen.

En la hipótesis General estamos demostrando que con el sistema de pintura electrostática podemos producir 104 unidades al mes, casi triplicando nuestra producción actual y con ellos resolviendo el cuello de botella que actualmente se presenta en la empresa (Ver cuadro N° 21).

6.7. Análisis Económico

Montos calculados en dólares

Inflación Promedio de 3%

Cuadro N° 22. Análisis Económico

AÑO	0	1	2	3	4	5
Ingresos por Ahorros (A-5)		24,545	25,281	26,039	26,821	27,625
Depreciación		6,380	6,380	6,380	6,380	6,380
UAI - UO		18,165	18,901	19,659	20,441	21,245
IR 30%		5,449	5,670	5,898	6,132	6,374
Depreciación (A-6)		6,380	6,380	6,380	6,380	6,380
FCO		19,095	19,611	20,142	20,688	21,252
INVERSION	- 31,900					
RAF						6,699.0
FCE	- 31,900	19,095	19,611	20,142	20,688	27,951

TR - TMAR	20%
TIR	56%
VAN	30,497

VP	- 31,900.00	15,912.69	13,618.52	11,656.00	9,977.04	11,232.73
VPA	- 31,900.00	- 15,987.31	- 2,368.78	9,287.22	19,264.26	30,496.99

PRI	2.20	Años
-----	------	------

Fuente: Datos de la empresa, elaboración propia

De los resultados obtenidos en el análisis financiero, se obtiene un valor actual neto (VAN) de \$30,497, concluyendo que la inversión del nuevo sistema de pintura producirá ganancias por encima de la rentabilidad exigida, siendo el proyecto viable (Ver cuadro N° 22).

La Tasa Interna de Retorno (TIR) obtenida es de 56 %, comprada con la tasa de endeudamiento (TMAR) 20 % de la empresa, se concluye que la inversión del nuevo sistema de pintura es rentable porque supera 20% que es la tasa mínima exigida esperando tener rendimiento de más del 100 %.

Cabe mencionar que la TMAR es un dato que el área de finanzas ha proporcionado de manera confidencial (Ver cuadro N° 22).

Así mismo, se puede decir que el periodo de recupero de la inversión (PRI), lo tendremos dentro de los dos próximos años (2.2 años), empezando a obtener ganancias significativas a partir del tercer año (Ver cuadro N° 22).

CONCLUSIONES

1. Se puede concluir que al diseñar un sistema de pintura electrostática, este mejorará significativamente el proceso de pintado de las piezas metálicas utilizadas en los tableros y celdas con una producción de 104 unidades al mes, casi triplicando la producción actual, logrando de esta manera resolver el cuello de botella que se presenta actualmente en la empresa, considerando además que los costos por de pintura se reducen de 100.98 dólares por unidad a 74.01 dólares por unidad, demostrando de esta manera la hipótesis principal planteada al inicio de la investigación. (Ver cuadro N° 21)
2. De la hipótesis secundaria número 1, se concluye que la aplicación de un proceso de fosfatado mejorará el proceso de desengrase e impurezas de las piezas metálicas logrando reducir los reprocesos por deformaciones presentadas a 5% frente al 38% que se presenta actualmente; así mismo logramos reducir el tiempo de desengrase e impurezas de 55.2 minutos a 49.8 minutos, es decir, en 5.4 minutos. Demostrando la hipótesis planteada al inicio de la investigación.
3. De la hipótesis secundaria número 2, concluimos que la aplicación de un esquema de curado a las condiciones de horneado logra reducir significativamente el tiempo de secado de las piezas metálicas, logrando reducir de 48 horas a 2 horas de secado.
4. La implementación del sistema de pintura electrostática es viable ya que se tendrá una tasa interna de retorno del 56 %, duplicando la tasa de endeudamiento o referencia de la empresa.

5. Se concluye que la implementación de un sistema de pintura electrostático es satisfactorio para la empresa, la cual se sustenta en el marco teórico y las bases teóricas relacionadas a la investigación, demostrando que es viable en términos de tiempo y costo.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda la capacitación de los involucrados a utilizar el sistema de pintura electrostática debido a que existen variables que se deben de controlar al detalle como son el grado de pintura en polvo que se debe regular al pintar las piezas, así como el grado de acides de los químicos que ingresaran a las tinas del proceso de fosfatado.
2. Se recomienda utilizar gas natural como energía debido a que el costo es mucho más barato que la energía eléctrica, siendo además, factible poder utilizar el gas natural en el sistema de pintura en electrostática tanto para el Horno de curado como para el tratamiento químico de fosfatado.
3. Se recomienda realizar un análisis de balance de línea a futuro en el área de metalmecánica, específicamente en el área de soldadura, ya que en los resultados obtenidos, nuestro siguiente proceso a mejorar es el área de soldadura.
4. Se recomienda realizar un nuevo análisis de distribución de planta debido a que en los estudios realizados se han encontrado traslados (recorridos) innecesarios de un proceso a otro, tanto de materiales como de personas.
5. El estudio de campo de tiempos, análisis de cuello de botella y análisis de reprocesos no fue una tarea fácil, ya que se tuvo que realizar observaciones diarias, semanales y mensuales, así mismo realizar entrevistas breves al personal, especialmente al área de pintura; sin embargo todo ello nos ha permitido la obtención de datos reales y fidedignos y, un amplio conocimiento de la parte técnica.

6. Un punto a destacar es la perseverancia con la que se trabajó porque a pesar de los obstáculos presentados a lo largo de la investigación, se pudo seguir adelante, logrando un compromiso y dedicación que se logró inyectar para realizar el estudio de investigación, lo que permitió que el corto tiempo que se tenía no fuera un factor negativo.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Cabrera, C. Villacís, D. (2012), “Estudio para la implementación de estrategias de mejoramiento continuo en la empresa Hercas”. Tesis de grado para la obtención del título de Ingeniero Industrial, Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca.

Cabrera, L. Romero, R. (2007) “Simulación y diseño de un mecanismo automático para desplazarse de piezas en el área de pre-tratamiento químico de partes metálicas”. Tesis de grado para la obtención del título de Ingeniero de Diseño y Automatización Electrónica, Universidad de La Salle, Bogotá.

León, S. Tixe, T. (2012), “Mejora del proceso de pintura electrostática de la planta de producción “Sumar””. Tesis para la obtención del título de Ingeniero en Diseño Industrial, Universidad Central del Ecuador, Quito.

Loaiza, C. (2010), “Selección e implementación de un sistema de pintura electrostático base polvo”. Tesis de grado para la obtención del título de Ingeniero en Mecánica Automotriz, Universidad Internacional del Ecuador, Quito.

Paredes, C. (2012), “Diseño de una cámara para aplicación de pintura electrostática con recuperación de polvo para una empresa metal-mecánica”. Tesis para la obtención del título de Ingeniero Mecánico, Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil.

Referencias Electrónicas

Ferre B, (2015), “Línea de Granallado y Pintado”. Recuperado de http://www.ferrebarniedo.com.mx/downloads/Granallado_pintura.pdf, fecha de consulta: 23 de setiembre 2015.

Fosfamet, (2015), “Proceso de decapado de metales”. Recuperado de http://fosfamet.cl/proceso_de_decapado_para_metales_fosfamet_cl.pdf, fecha de consulta: 18 de setiembre 2015.

DePintur Hempel Point, (2015), “¿Qué es el epoxi?”. Recuperado de http://www.epoxi.depintur.com/que_es_el_epoxi.html, fecha de consulta: 15 de octubre 2015.

Marín C, (2015), “Pre tratamiento de superficies metálicas”. Recuperado de http://www.metalactual.com/revista/27/recubrimientos_pretrata.pdf, fecha de consulta: 4 de setiembre 2015.

Anexo N° 1. Matriz de Consistencia (A-1)

Título	Propuesta de implementación de un sistema de pintura electrostática para piezas metálicas utilizadas en tableros y celdas eléctricas
---------------	---

Problema General	Objetivo General	Hipótesis General	Variable independiente	Variable Dependiente	Indicadores
¿De qué manera la propuesta de un sistema de pintura electrostática, mejorará el proceso de pintura de piezas metálicas utilizadas en tableros y celdas eléctricas?	Proponer un sistema de pintura electrostática para mejorar el proceso de pintura de piezas metálicas utilizadas en tableros y celdas eléctricas.	Si se propone un sistema de pintura electrostática, entonces se mejorará el proceso de pintura de piezas metálicas utilizadas en tableros y celdas eléctricas.	Sistema de Pintura Electroestática	Proceso de Pintura	-Unidades/Mes -Costo/unidad
Problemas Específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis Específicas			
¿De qué manera la propuesta de un proceso (tratamiento) de fosfatado, mejorará el desengrase e impurezas de las piezas metálicas utilizadas en los tableros y celdas eléctricas?	Proponer un proceso (tratamiento) de fosfatado para mejorar el desengrase e impurezas de las piezas metálicas utilizadas en los tableros y celdas eléctricas.	Si se propone un proceso fosfatado, entonces se mejorará el desengrase e impurezas de las piezas metálicas utilizadas en los tableros y celdas eléctricas.	Proceso de fosfatado	Desengrase impurezas de las piezas metálicas	- Tiempo de desengrase -% piezas defectuosas
¿De qué manera la propuesta de un esquema de curado a las condiciones de horneado, mejorará el tiempo de secado de las piezas metálicas utilizadas en tableros y celdas eléctricas?	Proponer un esquema de curado a las condiciones de horneado para mejorar el tiempo de secado de las piezas metálicas utilizadas en tableros y celdas eléctricas.	Si se propone un esquema de curado a las condiciones de horneado, entonces se mejorará el tiempo de secado de las piezas metálicas utilizadas en tableros y celdas eléctricas.	Esquema de curado a las condiciones de horneado	Tiempo de secado	-Tiempo de secado por pieza

Anexo N° 2. Glosario de términos (A-2)

MASILLADO

Proceso por el cual se echa masilla (Bonk Flex) a las puertas, paneles, cuerpo de los tableros y celdas para que la superficie quede uniforme antes de poder pintar en acabado final).

PANDEO

Deformación de la pieza metálica como resultado del proceso de granallado.

EPOXI

Una resina epoxi es un polímero termoestable que se endurece cuando se mezcla con un agente catalizador también denominado endurecedor. Es la resina más idónea que se pueda utilizar en cualquier sistema de pintura de alto rendimiento, ya que posee una gran capacidad de transformarse.

RAF

Recupero de activo fijo

FCO

Flujo de caja operativo

FCE

Flujo de caja económico

UAI

Utilidad antes de impuesto

TIR

Tasa interna de retorno

TMAR

Tasa de endeudamiento de la empresa

VP

Valor presente

PRI

Periodo de recupero de la inversión

Anexo N° 3. Cálculo de costos (en dólares) del proceso productivo de Tableros y Celdas (A-3)

Corte

Descripción	N° Personal	Costo(\$/Hora)	Hr/mes	Total (\$/mes)	8 meses	12 meses
Mano de Obra	3	4	208	2496	19,968.00	29,952.00

Descripción	N° maquinas	Kw/hr	Hr/mes	Total (\$/mes)	8 meses	12 meses
Consumo energía	3	3.33	208	322.81	2,582.48	3,873.72
Costos de mantenimiento	3	-	-	150	1,200.00	1,800.00
Total Costos Indirectos					3,782.48	5,673.72
TOTAL COSTOS					23,750.48	35,625.72

Fuente: Datos de la empresa, elaboración propia

Cálculo de costos del proceso de Doble de Tableros y Celdas

Doble

Descripción	N° Personal	Costo(\$/Hora)	Hr/mes	Total (\$/mes)	8 meses	12 meses
Mano de Obra	1	4	208	832	6656.00	9984.00

Descripción	N° maquinas	Kw/hr	Horas/mes	Total (\$/mes)	8 meses	12 meses
Consumo energía	1	3.74	208	120.76	966.12	1449.18
Costos de mantenimiento	1	-	-	100	800.00	1200.00
Total Costos Indirectos					1766.12	2649.18
TOTAL COSTOS					8,422.12	12,633.18

Fuente: Datos de la empresa, elaboración propia

Cálculo de costos del proceso de soldadura de Tableros y Celdas

Soldadura

Descripción	N° Personal	Costo(\$/Hora)	Hr/mes	Total (\$/mes)	8 meses	12 meses
Mano de Obra	3	4	208	2496	19968	29952.00

Descripción	N° maquinas	Kw/hr	Horas/mes	Total (\$/mes)	8 meses	12 meses
Consumo energía	3	8.10	208	784.84	6278.76	9418.14
Costos de mantenimiento	3	-	-	200	1600	2400.00
Total Costos Indirectos					7878.76	11818.14

Descripción	Consumo x mes	unidad	Pu(\$)	Total (\$/mes)	8 meses	12 meses
Argón CO2 Stargold	33.50	m3	7.18	240.70	1925.57	2888.35
Soldadura CelloCord "AP" 3/32"	9.38	kg	3.68	34.50	276.00	414.00
Soldadura Overcord "S" 1/8"	15.63	kg	4.10	64.06	512.50	768.75
Soldadura Overcord "S" 3/32"	15.00	kg	4.20	63.00	504.00	756.00
Total Insumos					3218.07	4827.10

TOTAL COSTOS

31,064.82

46,597.24

Fuente: Datos de la empresa, elaboración propia

Cálculo de costos del proceso actual de pintura de Tableros y Celdas

Pintura Actual						
Descripción	N° Personal	Costo(\$/Hora)	Hr/mes	Total (\$/mes)	8 meses	12 meses
Mano de Obra	5	4	208	4160	33280	49920.00

Descripción	N° maquinas	Kw/hr	Horas/mes	Total (\$/mes)	8 meses	12 meses
Consumo energía	3	3.09	208	299.05	2392.36	28708.34
Costos de mantenimiento	3	-	-	180	1440.00	2160.00
Total Costos Indirectos					3832.36	30868.34

Descripción	Consumo x mes	unidad	Pu(\$)	Total (\$/mes)	8 meses	12 meses
Arena	83.33	kg	1.40	116.67	933.33	1400.00
Lija para FE grano 80	202.50	Unid.	0.52	104.67	837.36	1256.04
Lija para FE grano 100	157.50	unid.	0.49	77.19	617.52	926.28
Masilla Plástica Bonk Flex ¼	16.88	lata	2.49	42.09	336.74	505.11
Pintura				2833.82	22670.53	34005.80
Total insumos					25395.48	38093.22

TOTAL COSTOS

62,507.84	118,881.57
------------------	-------------------

Fuente: Datos de la empresa, elaboración propia

Anexo N° 4. Cálculo de costos de la mano de obra (A-4)

Costo de energía	0.50	S/. / kW. Hr
Costo de energía	0.16	\$ / kW. Hr
COSTO M.O		
Ingresos Máximos	2100	S./mes
Ingresos Mínimos	1300	S./mes
promedio	1700	S./mes
HORAS	8	
DIAS	26	
	65.38461538	S./dia
	8.173076923	S./hr
	1.45	S./hr
	11.85096154	
tipo de cambio	3.23	
Por lo tanto: costo de M.O	3.66902834	\$/hr
PV M.O	5.0	\$/hr

Fuente: Datos de la empresa, elaboración propia

Anexo N° 5. Costos proyectados del sistema actual y propuesto (A-5)

ACTUAL	Operarios	Costo Mensual	Año1	Año2	Año 3	Año 4	Año 5
Mano de Obra	5	832	49,920	51,418	52,960	54,549	56,185
Energía	3	299.05	3,589	3,696	3,807	3,921	4,039
Costo de Mantenimiento	3	180.00	2,160	2,225	2,292	2,360	2,431
Costo de Producción Actual			38,093	39,236	40,413	41,625	42,874
Total			93,762	96,575	99,472	102,456	105,530
PROPUESTO	Operarios	Costo Mensual	Año1	Año2	Año 3	Año 4	Año 5
Mano de Obra	4	832	39,936	41,134	42,368	43,639	44,948
Energía	1	248.70	2,984	3,074	3,166	3,261	3,359
Costo de Mantenimiento	1	0.60%	2,297	2,366	2,437	2,510	2,585
Costo de Producción Mejorado			24,000	24,720	25,462	26,225	27,012
TOTAL			69,217	71,294	73,432	75,635	77,905

Fuente: Datos de la empresa, elaboración propia

Anexo N° 6. Cálculo de la depreciación (A-6)

TOTAL MAQUINA	0	1	2	3	4	5
Depreciación LR	31,900	25,520	19,140	12,760	6,380	-
Valor de Mercado		6,380	6,380	6,380	6,380	6,380

Valor de Mercado 9,570.0

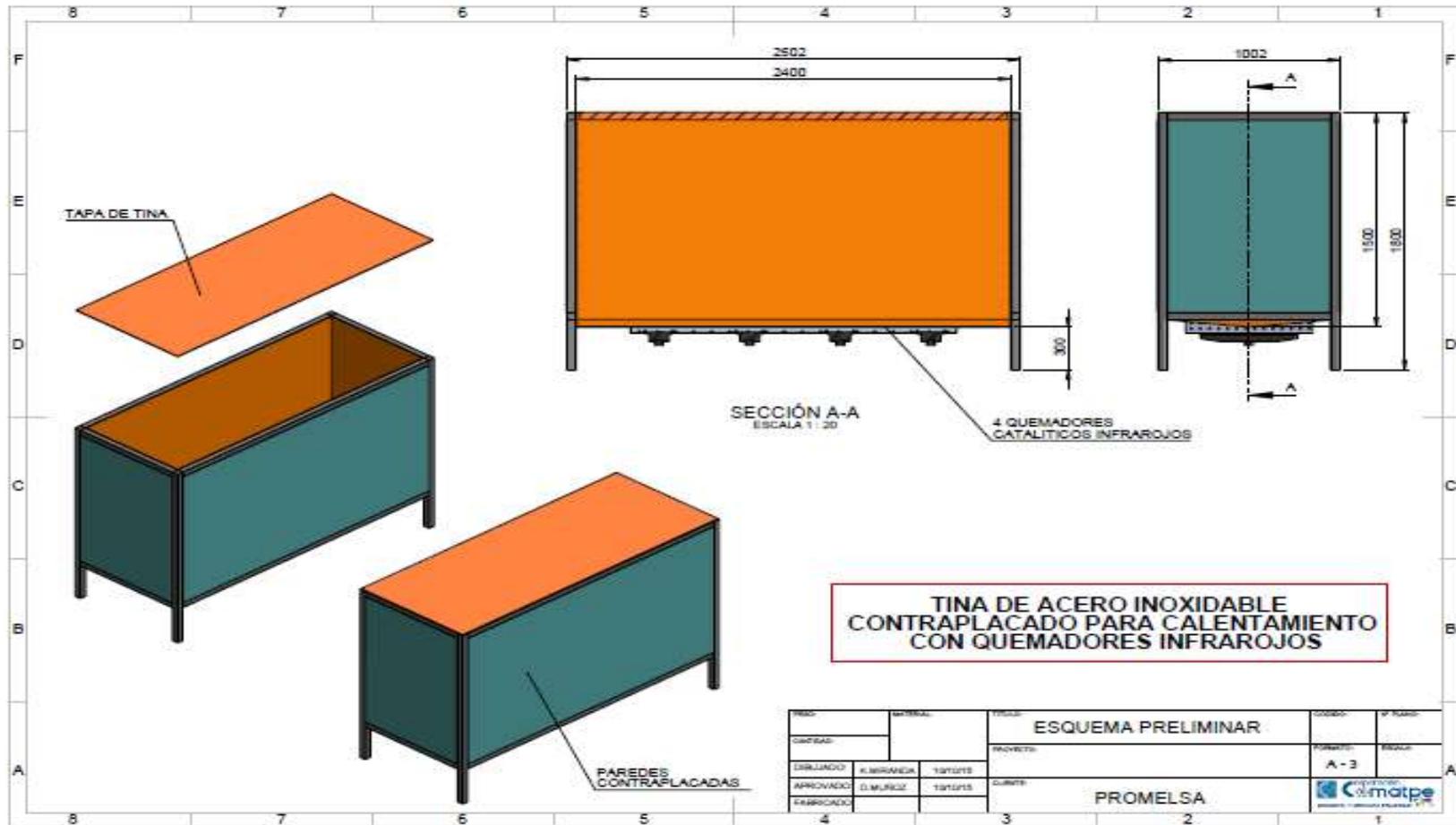
Fuente: Datos de la empresa, elaboración propia

Anexo N° 7. Demanda de energía por áreas en Kilowatts (KW) (A-7)

AREA	Suma de POTENCIA INSTALADA (KW)	Suma de MAXIMA DEMANDA (KW)		Potencia	
OFICINA ADMINISTRATIVA (PRODUCCION)	31.65	27.846	día	3.48075	Kw/hr
ALMACEN MP-GRAN ALMACEN	19.831	18.5282	día	2.316025	Kw/hr
CONTROL DE CALIDAD	175.758	143.7947	día	17.9743375	Kw/hr
AREA DE BOBINADO	35.5	29.9125	día	3.7390625	Kw/hr
CARPINTERIA METALICA	149.76	129.9615	día	16.2451875	Kw/hr
HORNO(ENCUBADO)	29.11	14.0135	día	1.7516875	Kw/hr
MATRICERIA	34.53	26.6525	día	3.3315625	Kw/hr
ARENADO (GRANALLADO)	49.052	31.7125	día	3.9640625	Kw/hr
PINTURA	30.364	24.6904	día	3.0863	Kw/hr
VENTILADORES PLANTA	23.9	13.88	día	1.735	Kw/hr
AREA DE PRENSAS	117.64	98.9525	día	12.3690625	Kw/hr
TABLEROS	17.52	14.016	día	1.752	Kw/hr
OTROS	3.7	3.7	día	0.4625	Kw/hr
TOTAL GENERAL	718.315	577.6603	día	72.2075375	Kw/hr

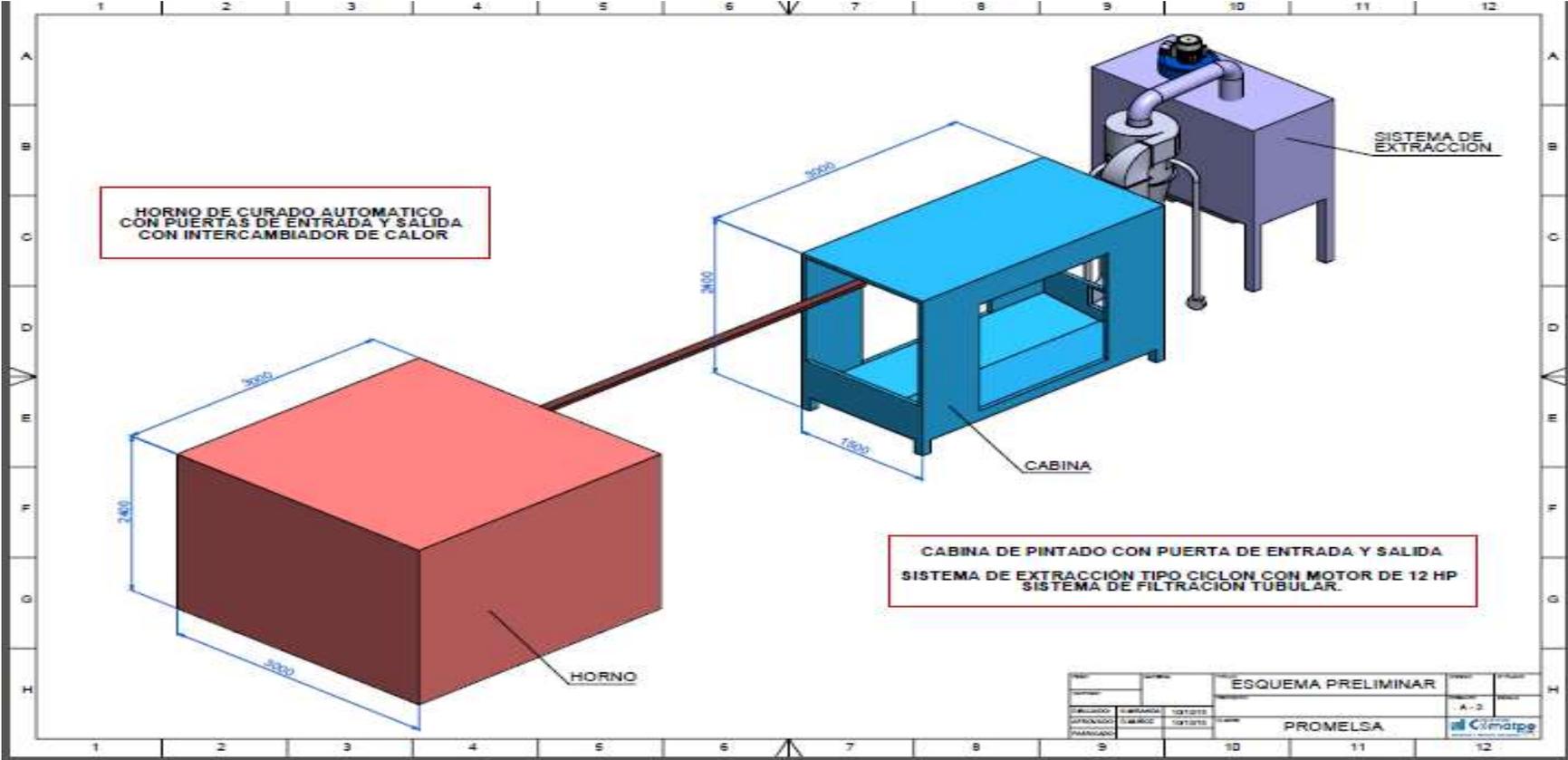
Fuente: Datos de la empresa, elaboración propia

Anexo N° 8. Diseño de las tinas para el tratamiento químico de fosfatado (A-8)



Fuente: Empresa corporación Comatpe

Anexo N° 9. Diseño de la cabina de pintura electrostática, recuperador de polvo (extractor) y horno de curado (A-9)



Fuente: Empresa corporación Comatpe

Anexo N° 10. Cotización de los equipos de pintura electrostática (A-10)

1. Precios

Ítem	Descripción	Cant.	Valor Unitario	Dcto.	Total
01	Equipo de aplicación de pintura electrostática Analógico. Mod. Power Plus WX-101	01	2 200.00	700.00	1 500.00
02	Cabina de pintado con puertas de entrada y salida	01	1 200.00		1 200.00
03	Cabina de pintado Frontal	01	1 400.00		1 400.00
04	Sistema de Extracción de 12 HP con Sistema de filtración Tubular	01	4 800.00		4 800.00
05	Sistema de Extracción de 7.5 hp con Sistema de filtración tipo Manga	01	3 300.00		3 300.00
06	Horno de Curado Automático con Puertas de Entrada y Salida, con Quemadores Infrarrojos Catalíticos.	01	4 900.00		4 900.00
07	Horno de Curado Automático con Puertas de Entrada y Salida con Intercambiador de Calor.	01	8 900.00		8 900.00
08	Tina De Acero Inoxidable Contraplacado Para Calentamiento Con Quemadores Infrarrojos	01	3 900.00		3 900.00
09	Tina De Acero Inoxidable	01	1 950.00		1 950.00

Fuente: Empresa Corporación Comatpe

Cotización de la máquina para pintado electrostático

Cotización CJ2622-2015

Datos Eléctricos

AC monofásica

Voltaje de entrada 220 240V (Auto Vol.)

Frecuencia: 60 Hz

Entrada de energía 5W (Ahorro de Energía)

Voltaje 24 DVC

Corriente de salida nominal (a la pistola) 1,2 VA

Tipo de protección: IP54 (Seguridad Interna)

Datos Neumáticos

Presión del aire de entrada 4-8 Kg/m³

Consumo de aire 24m³/h (Menor Consumo de Aire)

Contenido máximo en vapor de aceite del aire comprimido: 0,1 [mg/kg]

Datos Complementarios

Depósito de Pintura de 35Kg en Acero Inox.

Pistola y controles de mando -válvula de succión y filtro regulador

Precio Oferta X 1 Equipo

\$1800 Incluido IGV

Fuente: Empresa Equipos Industriales S.A



Anexo N° 11. Ficha técnica de la pintura utilizada en los Tableros y Celdas (A-11)

Diluyente Epóxico

HOJA DE INFORMACIONES TÉCNICAS	
DILUYENTE EPOXICO	
➤ DESCRIPCIÓN	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS
<p>➤ DESCRIPCIÓN Mezcla de solventes aromáticos y alcoholes.</p> <p>➤ CAMPO DE APLICACIÓN Dilución de pinturas epóxicas en general.</p>	<p>➤ COLOR Transparente.</p> <p>➤ PESO ESPECÍFICO p.85</p> <p>➤ PRESENTACIÓN DE ENVASE 1 Galón.</p> <p>➤ PUNTO DE INFLAMACION 16°C</p> <p>➤ ALMACENAMIENTO Un año bajo sombra a 25°C</p> <p>➤ PRECAUCIONES DE SEGURIDAD El uso o manipuleo de este producto puede ser nocivo para la salud o causar explosión. No utilice este producto de no haber una adecuada ventilación, vestimentas adecuadas, guantes, máscaras para vapores orgánicos.</p>

Fuente: Datos del proveedor

Esmalte Poliuretano

ESMALTE POLIURETANO	
<p>➤ DESCRIPCIÓN El esmalte poliuretano de dos componentes posee características de acabado superior, tales como un altísimo brillo y gran dureza. Su máxima resistencia a la radiación ultravioleta, lo hacen el acabado ideal cuando se desee obtener larga durabilidad y buen acabado.</p> <p>➤ CAMPO DE APLICACIÓN Ideal para protección de plantas químicas, estructuras industriales y marinas, exterior de tanques, línea automotriz, etc.</p> <p>➤ PREPARACIÓN DE SUPERFICIE Toda la superficie deberá estar libre de contaminantes: polvo, pintura suelta, óxido, grasa, aceites, capas de laminación y de cualquier otro contaminante antes de pintar.</p> <p>➤ METODO DE APLICACIÓN</p> <ul style="list-style-type: none"> - Equipo convencional a presión, similar a Devilbiss o similar, boquilla 704, presión 50-60 PSI con regulador de presión y filtros de aceite y agua. - Equipo airless, Uso boquilla 0,021- 0,027 Presión 2500-3000 PSI. Brocha y rodillo solo para retoques. <p>➤ PINTURA DE BASE RECOMENDADAS Base epoxi cromato de zinc, Base epoxi rojo óxido, Metal primer epóxico, Base epoxi H.B 1:1, etc.</p> <p>➤ PROCEDIMIENTO DE APLICACIÓN</p> <ul style="list-style-type: none"> - Homogenizar los componentes antes de mezclarlos - Unificar la pintura con el catalizador en las proporciones indicadas. - Reposar la mezcla por 20 minutos a 25°C. - Diluir según recomendaciones. - Filtrar la mezcla con una malla N° 30 - Proceder a la aplicación. 	<p style="text-align: center;">ESPECIFICACIONES TÉCNICAS</p> <p>➤ VEHÍCULO Poliol-Isocianato alifático</p> <p>➤ COLOR Carta de colores.</p> <p>➤ ACABADO Brillante.</p> <p>➤ SÓLIDOS POR VOLUMEN 40 - 45 %</p> <p>➤ RENDIMIENTO TEÓRICO 30 a 34 m² por galón a 2 mils espesor seco.</p> <p>➤ PESO POR GALON MEZCLA 3.6 Kg. por galón.</p> <p>➤ TIEMPO DE SECADO Al tacto: 2 horas a 25°C. Duro: 12 horas a 25°C.</p> <p>➤ TIEMPO DE INDUCCIÓN 20 minutos a 25°C.</p> <p>➤ VIDA UTIL DE LA MEZCLA 6 horas a 25°C.</p> <p>➤ TIEMPO DE REPINTADO Mínimo: 6 horas a 25°C. Máximo: 7 días a 25°C.</p> <p>➤ CONDICIONES DE APLICACIÓN La temperatura de la superficie deberá ser 3°C mayor que el punto de rocío.</p> <p>➤ DILUYENTE Diluyente Poliuretano, Universal Colors.</p> <p>➤ DILUCIÓN Equipo Convencional 10-15% Equipo Airless 5-10%</p> <p>➤ ESPESOR DE PELÍCULA RECOMENDADO Húmedo: 5 mils Seco: 2 mils</p> <p>➤ PROPORCIÓN DE MEZCLA</p> <p style="text-align: right;">Revisión: 01</p>

Fuente: Datos del proveedor

Base Epóxica Cromato de Zinc

BASE EPOXICA CROMATO DE ZINC	
<p>➤ DESCRIPCIÓN Anticorrosivo epóxico curado con poliamida, el cual contiene como pigmento inhibidor de la corrosión el cromato de zinc que protege por mecanismo de pasivación. Es impermeable y altamente resistente al agua dulce o salada, y agentes atmosféricos obteniéndose buenos resultados en ambientes moderados como también en ambientes agresivos</p> <p>➤ CAMPO DE APLICACIÓN Como base en sistemas epoxi, en la protección de estructuras metálicas en general. Tanques de almacenamiento e instalaciones industriales y marinas.</p> <p>➤ PREPARACIÓN DE SUPERFICIE Como mínimo arenado SSPC-SP-6 (arenado comercial) de ningún modo aplicarlo sobre superficies antiguas o resto de las mismas. La superficie debe estar libre de contaminantes.</p> <p>➤ METODO DE APLICACIÓN</p> <ul style="list-style-type: none"> - Equipo convencional a presión, devillbiss o similar boquilla 704, presión 50-60PSI con regulador de presión y filtros de aceite y agua. - Equipo airless, Uso boquilla 0,021- 0,027, Presión 2500-3000 PSI. - Brocha y rodillo solo para retoques. <p>➤ PINTURA DE ACABADO RECOMENDADAS Esmalte epóxico, Esmalte epóxico HB, Unipox Mastic 700, Unipox Mastic 800, Coalta Epóxico, Coalta Epóxico, etc.</p> <p>➤ PROCEDIMIENTO DE APLICACIÓN</p> <ul style="list-style-type: none"> - Homogenizar los componentes antes de mezclarlos. - Unificar la pintura con el catalizador en las proporciones indicadas. - Reposar la mezcla por 30 minutos a 25°C. - Diluir según recomendaciones. - Filtrar la mezcla con una malla N° 30. - Proceder a la aplicación. <p>➤ OBSERVACIONES Los rendimientos podrán diferir de acuerdo a la técnica y condiciones de aplicación.</p>	<p style="text-align: center;">ESPECIFICACIONES TÉCNICAS</p> <p>➤ VEHÍCULO Epoxi-Poliamida</p> <p>➤ COLOR Amarillo-Verde</p> <p>➤ ACABADO Mate</p> <p>➤ SÓLIDOS POR VOLUMEN 50%</p> <p>➤ RENDIMIENTO TEÓRICO 30 m² por galón a 2.5 mils espesor seco.</p> <p>➤ PESO POR GALON 4.6 Kg. por galón.</p> <p>➤ TIEMPO DE SECADO Al tacto: 30 minutos a 25°C. Duro: 24 horas a 25°C.</p> <p>➤ TIEMPO DE INDUCCION 30 minutos.</p> <p>➤ VIDA UTIL DE LA MEZCLA 8 horas a 25°C.</p> <p>➤ TIEMPO DE REPINTADO Mínimo: 6 horas a 25°C Máximo: 30 días.</p> <p>➤ CONDICIONES DE APLICACIÓN La temperatura de la superficie deberá ser 3°C mayor que el punto de rocío.</p> <p>➤ DILUYENTE Diluyente Epóxico, Universal Colors</p> <p>➤ DILUCIÓN Equipo Convencional 10-15% Equipo Airless 5-10%</p> <p>➤ ESPESOR DE PELÍCULA RECOMENDADO Húmedo: 5 mils Seco: 2.5 mils</p> <p>➤ PROPORCION DE MEZCLA Resina 3 Catalizador 1</p> <p>➤ PRESENTACIÓN DEL ENVASE Kit 2 componentes.</p> <p>➤ PUNTO DE INFLAMACION 16°C</p> <p>➤ ALMACENAMIENTO Un año bajo sombra a 25°C.</p> <p>➤ PRECAUCIONES DE SEGURIDAD</p>

Fuente: Datos del proveedor

Anexo N° 12. Problemas frecuentes en el área de pintura (A-12)

Deformaciones de las piezas metálicas por el granallado I



Fuente: La empresa, área de pintura

Deformaciones de las piezas metálicas por el granallado II



Fuente: La empresa, área de pintura

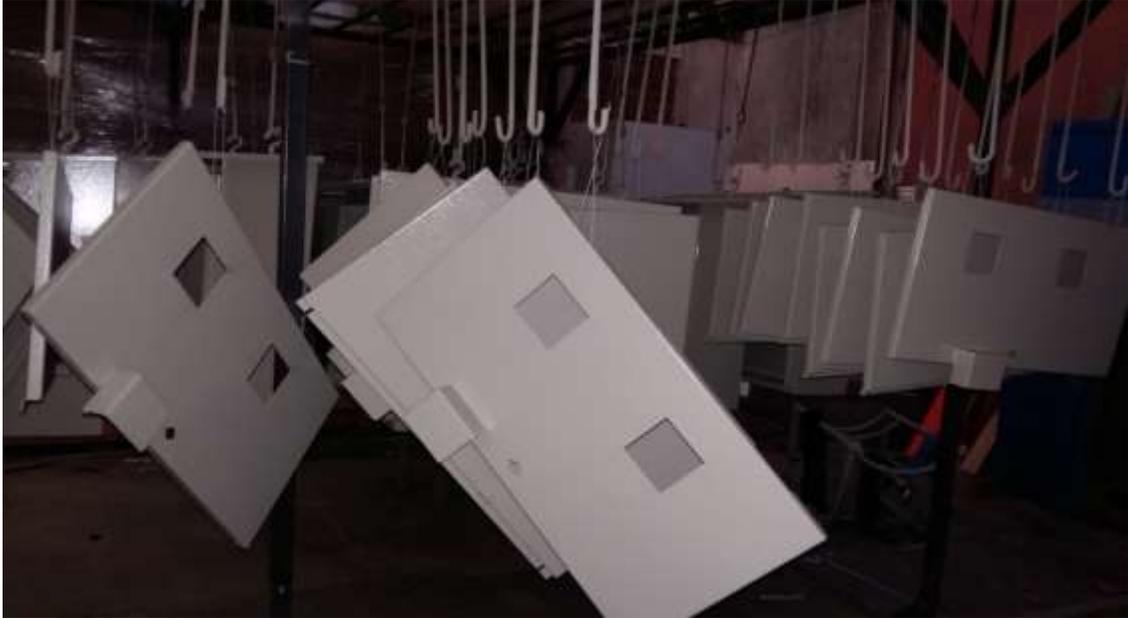
Rayones por mala manipulación



Fuente: La empresa, área de pintura

Anexo N° 13. Distribución del área de pintura (A-13)

Área de secado (puertas de los Tableros y Celdas)



Fuente: La empresa, área de pintura

Área de secado (Tableros Barbotantes)



Fuente: La empresa, área de pintura

Área de pintura acabado



Fuente: La empresa, área de pintura

Área de Pintura Base



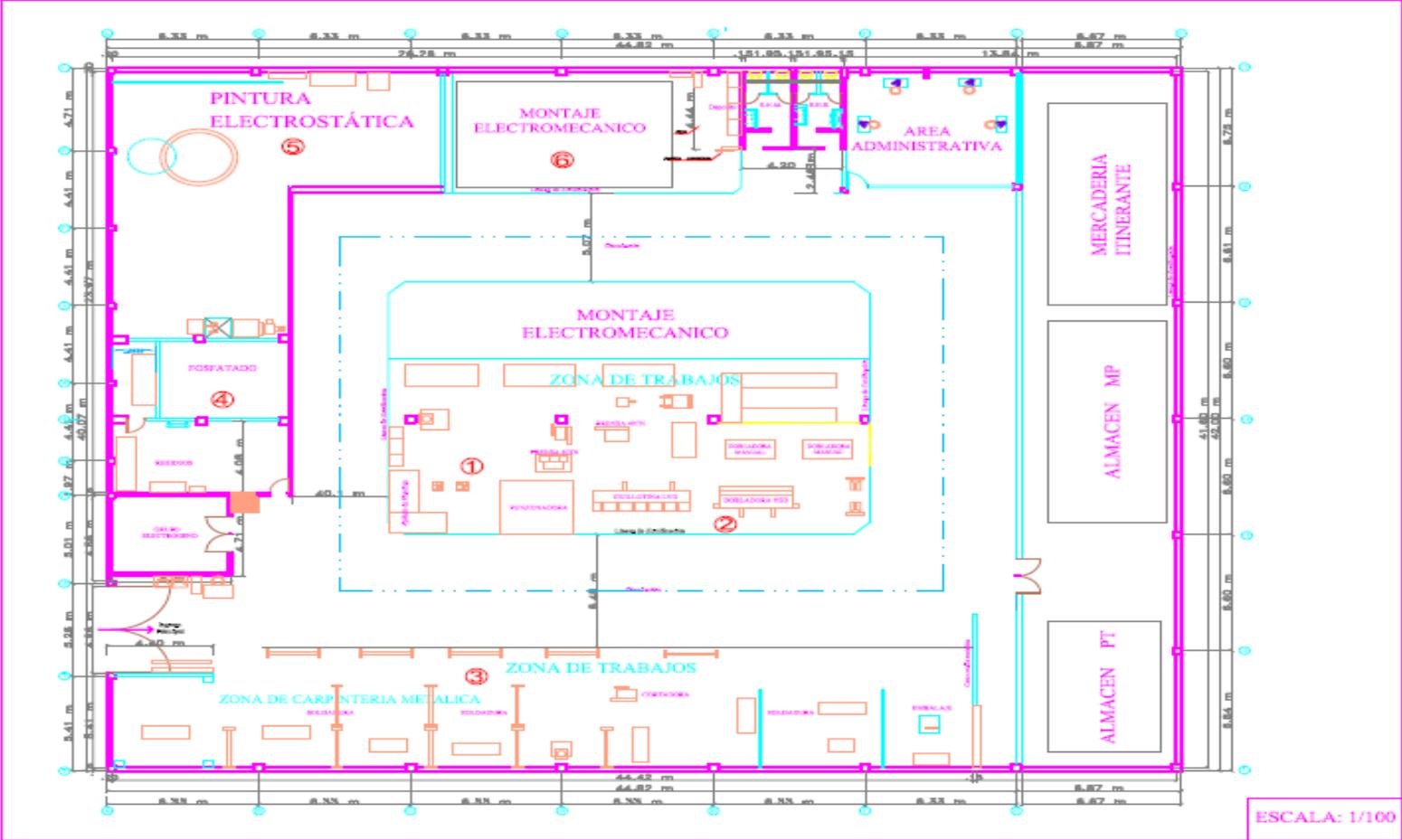
Fuente: La empresa, área de pintura

Área de masillado de puertas utilizadas en Tableros y Celdas



Fuente: La empresa, área de pintura

Anexo N° 15. Distribución de planta propuesto (A-15)



Fuente: Datos de la empresa, elaboración propia