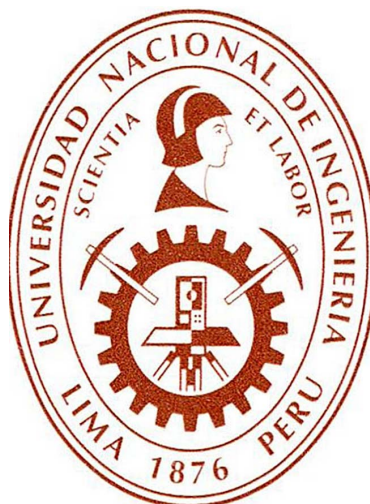


# **UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y TEXTIL**



## **TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL**

**“REDUCCIÓN DE RESIDUOS PELIGROSOS EN LAS ETAPAS DE DESENGRASE  
QUÍMICO Y FOSFATIZADO PARA EL PROCESO DE PINTADO  
ELECTROSTÁTICO”**

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

**ELABORADO POR**

**JIMMY ALEXANDER DE LA CRUZ GUZMAN**

**ID 0009-0003-3400-5942**

**ASESOR**

**M.Sc. Ing. MAGALI CAMILA VIVAS CUELLAR**

**ID 0000-0003-0880-2078**

**LIMA – PERÚ**

**2025**

<i>Citar/How to cite</i>	<i>De la cruz Guzmàn [1]</i>
<i>Referencia/Reference</i>	<i>[1] Alexander De la cruz Guzmàn "Reducción de residuos peligrosos en las etapas de desengrase químico y fosfatizado para el proceso de pintado electrostático"</i>
<i>Estilo/Style:</i>	<i>[Informe de suficiencia profesional] Lima (Perú)</i>
<i>IEEE (2020)</i>	<i>Universidad Nacional de Ingeniería, 2024.</i>

<i>Citar/How to cite</i>	<i>(De la cruz Guzmán 2024)</i>
<i>Referencia/Reference</i>	<i>Alexander De la cruz Guzmàn Alexander (2024)</i>
<i>Estilo/Style:</i>	<i>"Reducción de residuos peligrosos en las etapas de desengrase químico y fosfatizado para el proceso de pintado electrostático" [Informe de suficiencia profesional, Universidad Nacional de Ingeniería</i>
<i>APA (7ma ed.)</i>	<i>Repositorio institucional Cybertesis UNI.</i>

## ***Dedicatoria***

*El presente informe de trabajo de  
suficiencia profesional que he  
desarrollado está dedicado a dos mujeres  
muy importantes en mi vida.*

*En primer lugar, mi madre quien siempre  
estuvo y estará siempre a mi lado para  
orientarme y aconsejarme a lo largo del  
desarrollo de mi carrera profesional y mi  
vida personal.*

*En segundo lugar, a mi esposa y  
compañera de vida quien me motivo a  
terminar lo que había comenzado ya  
hace muchos años y con ello completar  
esta parte tan hermosa de mi formación  
profesional.*

## **Agradecimientos**

Quiero comenzar agradeciendo a Dios quien nos dio el regalo más hermoso, la vida y con ello la voluntad para seguir avanzando cada día tanto en el aspecto profesional como personal, además agradecer a mi familia, mi esposa, mis hijas, mis padres y todas las personas que me acompañaron y me dieron los ánimos para seguir avanzando.

Muchas gracias a todos ustedes.



## Resumen

El presente informe busca explicar los métodos desarrollados para reducir significativamente los residuos peligrosos generados en el proceso de fosfatizado de zinc, como tratamiento previo al pintado electrostático sobre componentes en aceros al carbono y aceros galvanizados realizados en la empresa peruana fabricante de electrodomésticos, Electroandina Industrial S.A.C.

La reducción de residuos peligrosos se logró debido a la implementación de sistemas de separación por desnate en la etapa de desengrase químico, además de un mejor control de las concentraciones de acelerantes en el baño de fosfatizado y la implementación de un tratamiento de sedimentación en un concentrador troncocónico para la separación de lodos de fosfatizado seguido de un proceso de secado de los lodos sedimentados.

Finalmente se explica como a través de cambios en los métodos y sistemas de trabajo se pudo lograr una reducción del 50% de los residuos peligrosos, equivalente a 50 t de efluente al año, así como la reducción del consumo de agua de proceso de aproximadamente 600 toneladas al año además del consumo de energía utilizados en las diferentes etapas del proceso de fosfatizado de zinc.

Estas mejoras favorecieron a la sostenibilidad del proceso, redujeron el impacto del mismo en el ambiente y mejoraron el desarrollo de pintado electrostático mediante la aplicación de los conceptos obtenidos en mi formación como ingeniero químico y la experiencia hasta el momento obtenida como parte de mis labores en Electroandina, así como en otras organizaciones, en las que pude desarrollarme como profesional.

## **Abstract**

This report seeks to explain the methods developed to significantly reduce hazardous waste generated in the zinc phosphating process, as a pretreatment to electrostatic painting on carbon steel and galvanized steel components made in the Peruvian household appliance manufacturer, Electroandina Industrial S.A.C.

The reduction of hazardous waste was achieved due to the implementation of skimming separation systems in the chemical degreasing stage, in addition to better control of the concentrations of accelerators in the phosphating bath and the implementation of a sedimentation treatment in a truncated cone concentrator for the separation of phosphating sludge followed by a drying process of the settled sludge.

Finally, it is explained how, through changes in the methods and work systems, it was possible to achieve a 50% reduction in hazardous waste, equivalent to 50 tons of effluent per year, as well as a reduction in process water consumption of approximately 600 tons per year, in addition to the energy consumption used in the different stages of the zinc phosphatizing process.

These improvements favored the sustainability of the process, reduced its impact on the environment and improved the development of electrostatic painting through the application of the concepts obtained in my training as a chemical engineer and the experience obtained so far as part of my work at Electroandina, as well as in other organizations, in which I was able to develop as a professional.

## Índice de contenido

1.	DATOS GENERALES DE LAS EMPRESAS DONDE LABORÉ COMO BACHILLER .....	1
1.1	Actividad principal.....	1
1.2	Sector industrial al que pertenece .....	2
1.3	Líneas de Productos .....	7
1.4	Filosofía administrativa.....	10
1.5	Cultura organizacional .....	13
1.6.	Estructura funcional de Electroandina Industrial S.A.C. ....	15
1.7.	Normatividad empresarial.....	17
1.8.	Principios para el logro de la calidad .....	18
1.9	Sistema de seguridad industrial.....	19
1.10	Gestión de impactos ambientales .....	19
2	CARGOS Y FUNCIONES DESARROLLADAS COMO BACHILLER .....	20
2.1	Contexto laboral .....	20
2.2	Descripción de cargos y funciones.....	21
2.3	Responsabilidades señaladas en el manual de organización y funciones .....	23
2.4	Personal a cargo y sus responsabilidades.....	24
2.5	Función ejecutiva y/o administrativa adicional.....	25
2.6.	Cronograma de actividades realizadas como bachiller .....	27
3	DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD TÉCNICA Y APLICACIÓN PROFESIONAL .....	28
3.1	Contexto laboral en el área de trabajo .....	28
3.2	Hechos relevantes de la actividad técnica.....	36
3.3	Marco conceptual y teórico de los conocimientos técnicos requeridos .....	49
3.4.	Propuesta y contribuciones de su formación profesional.....	57
4.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS E IMPLICANCIAS .....	84
4.1	Contribuciones al desarrollo de la empresa.....	84
4.2	Impacto de la propuesta .....	85
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	86
5.1	Conclusiones .....	86
5.2	Recomendaciones.....	87
6.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	88
	Anexos.....	89

## Índice de tablas

Tabla 1	Cargos de responsabilidad en Indurama.....	21
Tabla 2	Cargos de responsabilidad en otras organizaciones distintas a Indurama .....	22
Tabla 3	Personal a cargo y sus responsabilidades .....	24
Tabla 4	Labores y tareas adicionales a las funciones principales del puesto.....	26
Tabla 5	Pruebas experimentales de volúmenes de desnatado.....	76

## Índice de figuras

<b>Figura 1</b> Evolución cronológica de la marca Indurama.....	3
<b>Figura 2</b> Ubicación de la planta de Indurama en Lurín-Perú.....	5
<b>Figura 3</b> Línea de ensamble de cocinas en Indurama Perú planta Lurín. ....	6
<b>Figura 4</b> Cocina horno a gas Indurama modelo Murcia QZ Home Croma 32 pulgadas .....	8
<b>Figura 5</b> Refrigeradora Indurama Top mount Croma RI 530 CR-línea Avant-369 l.....	9
<b>Figura 6</b> Valores y comportamiento establecidos por Indurama.....	11
<b>Figura 7</b> Certificaciones obtenidas por la marca Indurama.....	14
<b>Figura 8</b> Organigrama de Electroandina Industrial S.A.C.....	16
<b>Figura 9</b> Cronograma de actividades realizadas como bachiller en Electroandina Industrial S.A.C. .....	27
<b>Figura 10</b> Secuencia de encendido de Equipos de la línea de tratamiento superficial en Electroandina Industrial S.A.C.....	30
<b>Figura 11</b> Programa de mantenimiento de baños del sistema de tratamiento superficial en Electroandina Industrial S.A.C.....	32
<b>Figura 12</b> Esquema del sistema de tratamiento superficial mediante el método de aspersión .....	37
<b>Figura 13</b> Succión de efluentes peligrosos del sistema de tratamiento superficial en Electroandina Industrial S.A.C.....	39
<b>Figura 14</b> Diferencia de acabado entre una lámina de zinc patinada y una brillante .....	45
<b>Figura 15</b> Esquema de cajones de madera para el tratamiento de secado solar.....	47
<b>Figura 16</b> Proceso de formación de los recubrimientos de fosfato.....	52
<b>Figura 17</b> Etapas del proceso de tratamiento superficial de fosfatizado de Zinc en Electroandina Industrial S.A.C.....	56
<b>Figura 18</b> Desnatador modelo 5 H de la marca estadounidense Oil Skimmer Inc.....	58
<b>Figura 19</b> Conos Imhoff para las pruebas de sedimentación de lodos. ....	60
<b>Figura 20</b> Esquema de bombas dosificadoras en un sistema de tratamiento superficial.....	62
<b>Figura 21</b> Bomba para trasvase de lodos de fosfato al tanque troncocónico.....	63
<b>Figura 22</b> Tanque troncocónico para separación de fases de lodos de fosfatizado. ....	64
<b>Figura 23</b> Horno de incinerado de pintura de los ganchos de colgado.....	66
<b>Figura 24</b> Lodos de fosfato deshidratados en el horno de incinerado. ....	68
<b>Figura 25</b> Esquema de la estructura interna del túnel de fosfatizado antes de la mejora. ....	69
<b>Figura 26</b> Esquema de la estructura interna del túnel de fosfatizado después la mejora.....	70
<b>Figura 27</b> Ducto de descarga de efluentes de los enjuagues de desengrase y fosfatizado.....	71
<b>Figura 28</b> Compra de repuestos para el desnatador Oil Skimmer en BSH Electrodomésticos S.A.C. ....	82
<b>Figura 29</b> Gestión de instalación de bombas dosificadoras en BSH Electrodomésticos S.A.C. ....	83

## **1. DATOS GENERALES DE LAS EMPRESAS DONDE LABORE COMO BACHILLER**

Durante todo el tiempo en que he venido desarrollándome como profesional, supe integrarme a diversos equipos de trabajo y con ello colaborar en distintas organizaciones, las cuales desarrollaban sus actividades en el sector manufacturero como la empresa Indurama, la cual es fabricante de artefactos electrodomésticos, es aquí donde pude realizar la mayor cantidad de aportes de tipo técnico y que son motivo del presente informe de suficiencia profesional.

### **1.1 Actividad principal**

Indurama es una empresa de capitales ecuatorianos con una importante presencia en la región Suramérica, zona de Centroamérica y principalmente en Ecuador, donde se encuentra ubicada su casa matriz bajo la razón social de Induglob S.A. Sin embargo, entre el año 2009 y el año 2016, esta empresa llegó a tener una planta de producción en el Perú, bajo la razón social de Electroandina Industrial S.A.C. lo que le generó un incremento significativo en la capacidad productiva de la organización. Esto sumado a su eficiente estrategia comercial hizo que Indurama posea una importante participación en el mercado de artefactos electrodomésticos en el Perú.

Indurama es una empresa cuya actividad principal es el diseño, desarrollo, fabricación, comercialización y distribución de artefactos electrodomésticos de línea blanca, produciendo aparatos que se comercializan tanto en la marca Indurama como en la marca Global, esto dependiendo de los sectores de mercado al cual va dirigido su producto.

Es así que en los más de 50 años de existencia de Indurama, su actividad principal se orientó a la fabricación de aparatos para el hogar buscando responder a una necesidad del mercado y debido a la excelente calidad de sus productos, la marca ha logrado tener una participación importante dentro del sector industrial al que pertenece.

## 1.2 Sector industrial al que pertenece

Indurama fue creada en 1972 en la ciudad de Cuenca, provincia de Azuay, república del Ecuador; esta empresa se creó como un emprendimiento familiar, iniciándose como un taller destinado a la producción de artefactos metálicos tales como calefones, prensas, cocinetas, calderas entre otros denominados con la marca Indutechnia e Indurama.

Es por ello que desde sus inicios hasta la actualidad la empresa realizó sus operaciones dentro del sector metalmecánico.

La empresa inició contando con apenas 20 trabajadores en un espacio alquilado no mayor a los 1000 metros cuadrados, pero en el año de 1980 se trasladaron a un lugar propio en la misma ciudad de Cuenca, el cual estaba ubicado en la Av. Don Bosco y Av. de Las Américas, contando esta vez con un área de 30000 metros cuadrados y un total de 250 trabajadores (Rodas & Andrade, 2017)

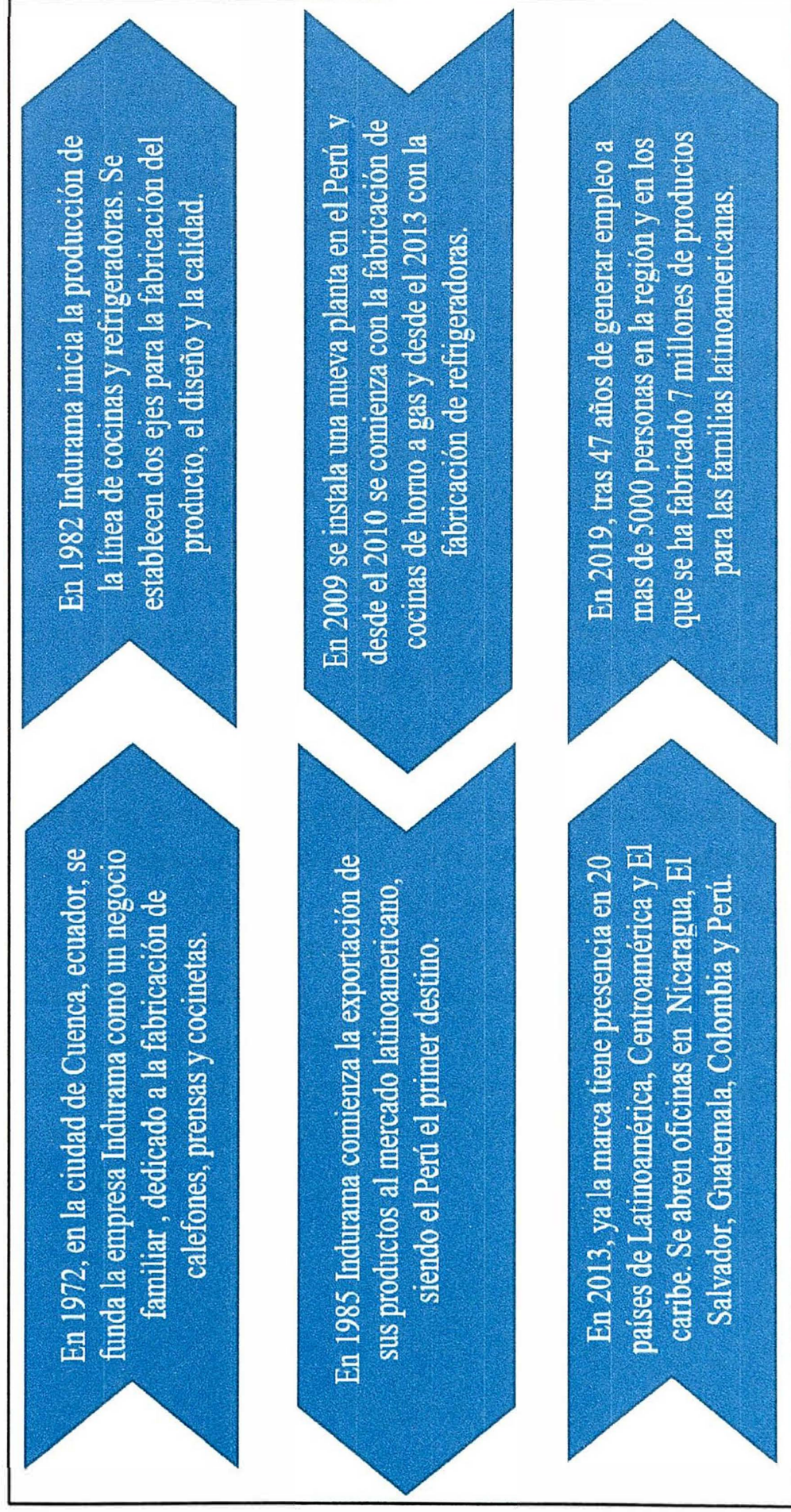
El crecimiento de la empresa continuó con la implementación de una línea de ensamble de refrigeradoras, esto se pudo dar ya que contó con el apoyo, asesoramiento y la licencia de la empresa estadounidense Kelvinator International Company fundada en Detroit en 1914.

Por otra parte, se comenzó con la fabricación de cocinas de horno a gas contándose con el asesoramiento de la empresa italiana Tecnogas. Ambas alianzas ayudaron a la empresa en un crecimiento rápido y continuo y además permitieron que se posicionara en el mercado ecuatoriano como un importante fabricante de artefactos de línea blanca, buscando luego salir con sus productos al mercado internacional siguiendo una evolución tal como se muestra en la Figura 1.



**Figura 1**

*Evolución cronológica de la marca Indurama*





Para conseguir este crecimiento a nivel nacional y su expansión internacional, la empresa Indurama acogió y desarrolló una cultura organizacional enfocada hacia la excelencia, es así que en el año 2009 la empresa apostó por contar con una planta de producción en el Perú, la cual conto con una extensión de 60000 metros cuadrados y se ubicó en el distrito de Lurín bajo la razón social de Electroandina Industrial S.A.C. según se muestra en la Figura 2.

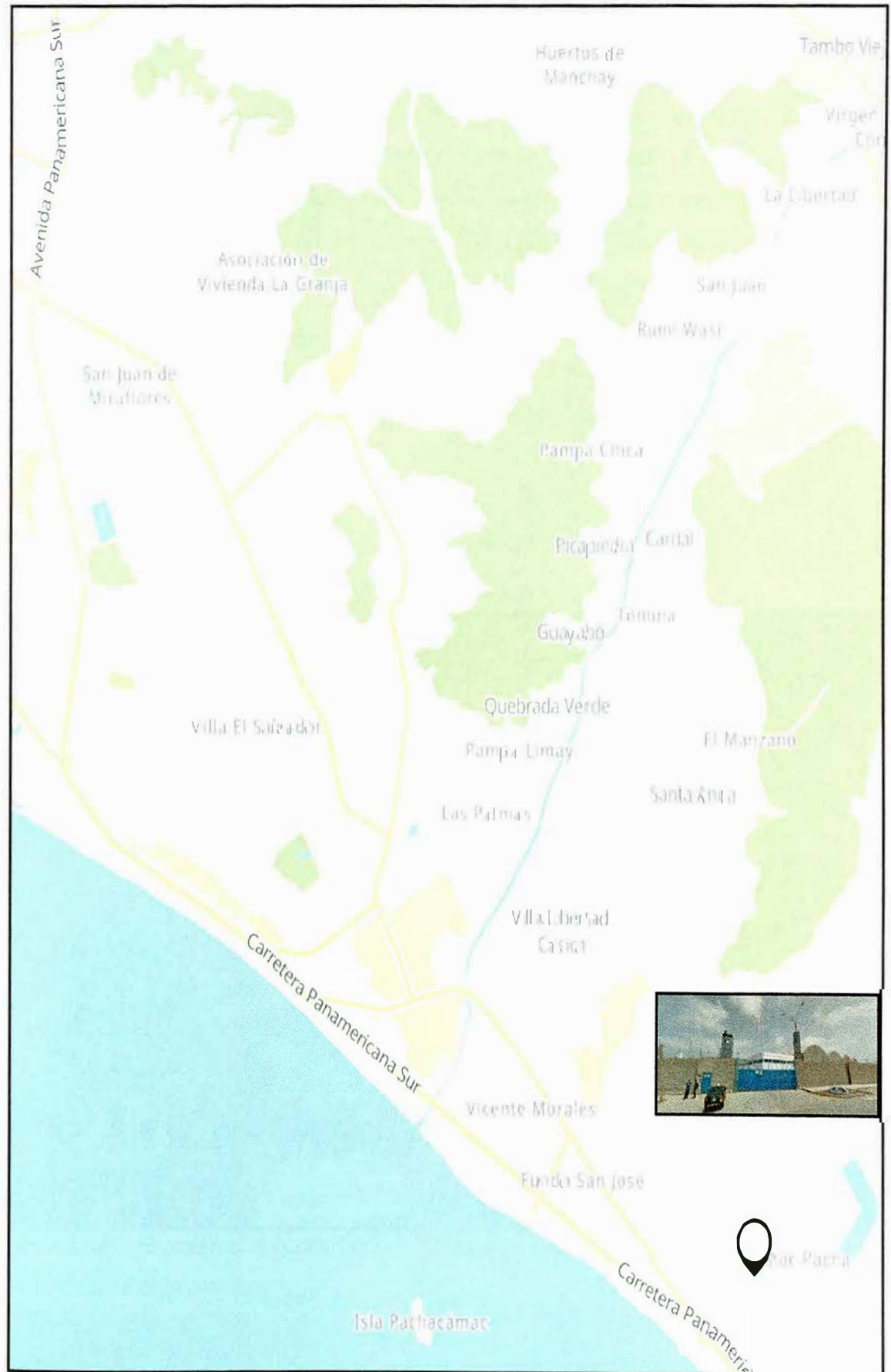
En un inicio Electroandina Industrial S.A.C. se dedicó solo al ensamble de cocinas de horno a gas ya que todos los componentes llegaban preparados desde la casa matriz en Ecuador, pero a partir del año 2010 Electroandina Industrial S.A.C. implementó un área de mecanizado que incluía los procesos de corte, prensado troquelado soldadura, además de un área de recubrimientos y prefabricación, con lo que se cubrieron todos los procesos para la fabricación de cocinas de horno a gas.

Luego en el año 2013 Electroandina Industrial S.A.C. logró implementar una línea de producción de refrigeradoras sumando con esto una capacidad total de 390000 productos por año entre cocinas y refrigeradoras, los cuales fueron fabricadas con las marcas Indurama y Global ofreciendo con esto una gran variedad de productos en condiciones similares que la casa matriz.

La fábrica en Perú estuvo operando hasta el año 2016 ya que debido a factores políticos y económicos ocurridos en la república de Ecuador, la organización cerro sus operaciones industriales en el Perú, manteniendo solo sus operaciones comerciales y de distribución, siendo en la actualidad solo la casa matriz ubicada en la ciudad de Cuenca-Ecuador quien continua con la producción de cocinas y refrigeradoras, quien además diversifico sus procesos sumando la producción de televisores, unidades de lavado y sistema de secado domésticos, hornos empotrables, vitrinas exhibidoras y pequeños electrodomésticos.

**Figura 2**

*Ubicación de la planta de Indurama en Lurín-Perú.*



La línea de fabricación de cocinas llegó a tener una producción anual de 248000 unidades con una media de 900 cocinas diarias en formatos de 24 pulgadas y 32 pulgadas, además de diferentes modelos desde los más básicos hasta los modelos con un mayor nivel de sofisticación.

El sistema de producción de Electroandina Industrial S.A.C. estaba conformado por un área de mecanizado donde se iniciaba con los procesos de corte matizado, troquelado, plegado y procesos de soldadura de punto, algunos componentes seguían al área de acabados que comprendía los procesos de tratamiento superficial, pintando electrostático y esmaltado por inmersión, continuaban los procesos de prefabricación y finalmente el proceso de ensamble en una línea de producción como se muestra en la Figura 3. De la línea de ensamble salían las unidades terminadas hacia el almacén de producto terminado (APT) para su comercialización a través de sus distintos canales de distribución.

**Figura 3**

*Línea de ensamble de cocinas en Indurama Perú, planta Lurín.*



Fuente: <https://ekosnegocios.com/articulo/visitamos-a-indurama-una-marca-ecologica>

### 1.3 Líneas de Productos

Si bien Indurama en la actualidad ofrece a la venta una gama variada de artefactos electrodomésticos tales como cocinas de horno a gas, cocinas de inducción, vitrocerámicos, campanas extractoras, secadoras, lavadoras, refrigeradoras entre otros bajo la marca Indurama e Induglob, sin embargo, en la planta ubicada en Lurín, Electroandina Industrial S.A.C. desarrollo, fabrico y comercializo solamente las líneas de cocinas de horno a gas y refrigeradoras las cuales se detallan a continuación:

#### **Línea de cocinas de horno a gas**

En esta línea de producción se llegaron a fabricar cocinas de horno a gas en las marcas Indurama y Global, ambas marcas estaban orientadas a diferentes tipos de mercado y representaron el mayor volumen de producción de unidades terminadas de la planta en Perú,

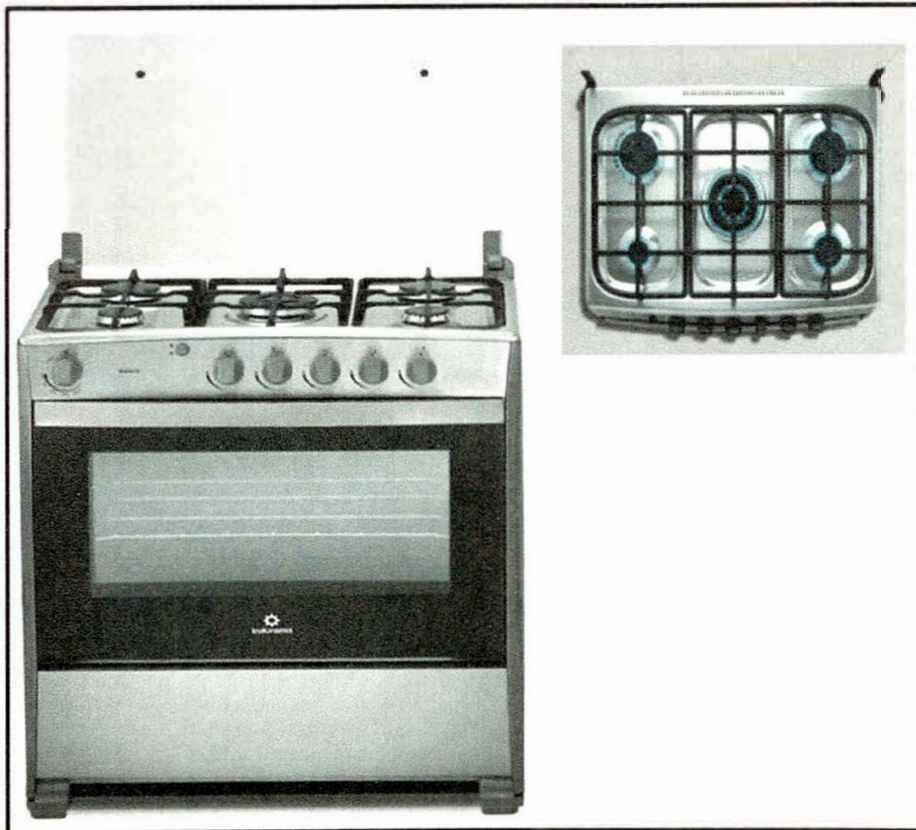
En su momento de máxima producción Electroandina Industrial S.A.C. llegó a tener una producción anual promedio de 248000 cocinas con una media de 861 cocinas diarias clasificadas en diferencia a las características estéticas y funcionales.

Además, la línea de producción de cocinas estaban distribuidas según el diseño del producto en la línea Spazio, línea Avant y la línea Quarzo y además cada una de estas líneas se produjeron en dos plataformas de ensamblaje de la misma altura y profundidad pero con un ancho diferente, teniendo las unidades más pequeñas un ancho de 24 pulgadas que eran para cocinas de cuatro hornillas y las más grandes con un ancho de 32 pulgadas para cocinas de cinco hornillas como el modelo Murcia que se muestra en la Figura 4 y además cocinas de seis hornillas según el tipo de producto.



**Figura 4**

*Cocina horno a gas Indurama modelo Murcia QZ Home Croma 32 pulgadas*



Fuente: <https://latam.indurama.com/es/productos/murcia>

### **Línea de refrigeradoras**

Esta línea de producción comenzó a operar desde mediados del 2013 y en ella se lograron producir diversos tipos de refrigeradoras, las cuales representaron el segundo producto en cuanto a volúmenes de producción fabricados en Perú, teniendo en promedio una cantidad de 142000 unidades anuales con una media de 493 unidades diarias producidas y clasificadas en base a las características estéticas y funcionales, del producto, así se tenía la línea Avant y la línea Quarzo, además de esto, las refrigeradoras se clasificaron según la capacidad de almacenamiento de productos a refrigerar, yendo desde modelos de 95 litros (pequeñas refrigeradoras y frigobares) hasta los modelos familiares de 530 litros de capacidad como el ejemplo que se muestra en la Figura 5.

**Figura 5**

*Refrigeradora Indurama Top mount Croma RI 530 CR-línea Avant-369 l*



Fuente: <https://www.indurama.com/linea-hogar/refrigeracion/top-mount>

## 1.4 Filosofía administrativa

Indurama como una organización que ya alcanzó la madurez empresarial tiene como filosofía de trabajo el de gestionar sus procesos administrativos de manera ordenada, sistematizada además de una comunicación oportuna y eficaz que le permitan al equipo la toma de decisiones que aporte al cumplimiento de los objetivos estratégicos.

### **Visión:**

Ser una marca líder de línea blanca en la región andina y Centroamérica, mejorando la calidad de vida de nuestros clientes y colaboradores (<https://latam.indurama.com/pe/content/filosofia-corporativa>).

### **Misión:**

Satisfacer las necesidades de nuestros clientes, comercializando productos competitivos de alta calidad y diseño innovador, sustentando en una cultura de liderazgo, excelencia y cuidado del medio ambiente, maximizando así el valor de la empresa (<https://latam.indurama.com/pe/content/filosofia-corporativa>).

### **Valores:**

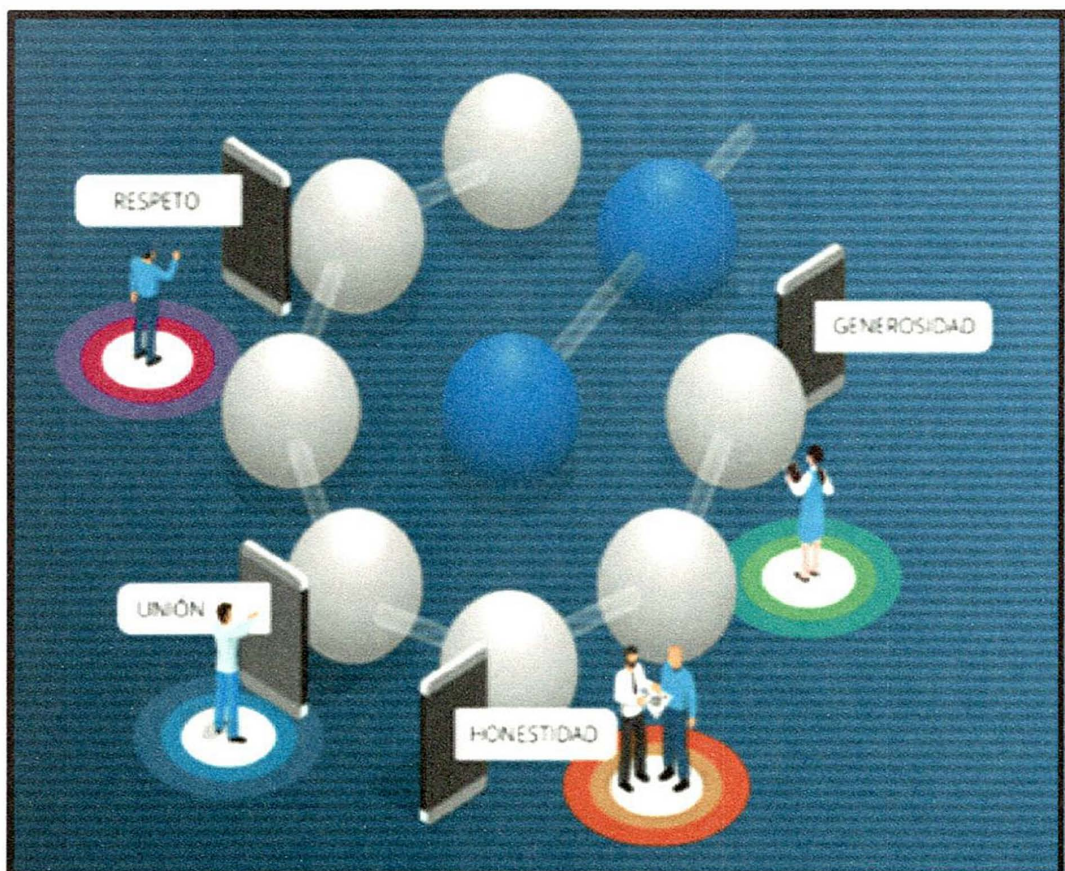
Indurama se ha caracterizado por ser una empresa que enmarca su comportamiento en los valores organizacionales, este siempre ha sido su sello distintivo y el factor que ha permitido a la empresa crecer y consolidarse como una de las industrias de mayor prestigio en la región latinoamericana.

De esta manera es como Electroandina Industrial S.A.C. e Induglob S.A., a través de su marca Indurama establecido sus valores corporativos según se muestra en la Figura 6.



Figura 6

*Valores y comportamiento establecidos por Indurama.*



### Valores

**UNIÓN:** Vocación de participar juntos con un interés genuino por los demás, en la construcción y vivencia de una visión compartida para obtener un objetivo común.

**RESPETO:** Tratar con afecto y consideración al reconocer y aceptar las cualidades y diferencias de los demás.

**GENEROSIDAD:** Dar y compartir con los demás sin esperar nada a cambio, teniendo presente las necesidades de los otros, auteponiendo el bien común ante el individual.

**HONESTIDAD:** Actuar con transparencia y en coherencia con la moral manteniendo un comportamiento y comunicación directa y veraz en todas las circunstancias.



## **Políticas establecidas por Indurama**

Indurama, siguiendo los lineamientos establecidos en las normativas ISO 9001 e ISO 14001, establece una política integrada donde convergen objetivos de calidad de los productos fabricados en la organización además de compromisos con la seguridad de los colaboradores y partes interesadas durante el desarrollo de las actividades, así como su responsabilidad con el medio ambiente y el uso de los recursos.

### **Política integrada de calidad, seguridad y medioambiente**

En el sistema de gestión de calidad de Indurama se establece la política de la marca de acuerdo a los siguientes compromisos:

- Fabricar y comercializar productos de línea blanca en la región andina y Centroamérica.
- Generar los lineamientos para la consecución de los objetivos estratégicos detallados en la visión y misión.
- Mantener y mejorar la satisfacción de nuestros clientes internos y externos.
- Cumplir con los requisitos legales y reglamentarios aplicables, cuidando el medio ambiente, eficiencia energética, la seguridad y salud de nuestros colaboradores.
- Reducir el consumo de energía, promoviendo la protección del medio ambiente, la prevención de la contaminación, corrupción y soborno, desde el diseño, adquisición y fabricación de productos.
- Cumplir con los estándares de seguridad de la cadena de suministros.
- Apoyar a la mejora continua de todo el sistema.

Cada integrante del grupo humano que conforma Indurama es responsable de cumplir con lo declarado en la política integrada además de las regulaciones respectivas dentro de su ámbito de responsabilidad y por lo tanto contribuyen al éxito sostenible de la empresa.

## **Políticas establecidas por Indurama**

Indurama, siguiendo los lineamientos establecidos en las normativas ISO 9001 e ISO 14001, establece una política integrada donde convergen objetivos de calidad de los productos fabricados en la organización además de compromisos con la seguridad de los colaboradores y partes interesadas durante el desarrollo de las actividades, así como su responsabilidad con el medio ambiente y el uso de los recursos.

### **Política integrada de calidad, seguridad y medioambiente**

En el sistema de gestión de calidad de Indurama se establece la política de la marca de acuerdo a los siguientes compromisos:

- Fabricar y comercializar productos de línea blanca en la región andina y Centroamérica.
- Generar los lineamientos para la consecución de los objetivos estratégicos detallados en la visión y misión.
- Mantener y mejorar la satisfacción de nuestros clientes internos y externos.
- Cumplir con los requisitos legales y reglamentarios aplicables, cuidando el medio ambiente, eficiencia energética, la seguridad y salud de nuestros colaboradores.
- Reducir el consumo de energía, promoviendo la protección del medio ambiente, la prevención de la contaminación, corrupción y soborno, desde el diseño, adquisición y fabricación de productos.
- Cumplir con los estándares de seguridad de la cadena de suministros.
- Apoyar a la mejora continua de todo el sistema.

Cada integrante del grupo humano que conforma Indurama es responsable de cumplir con lo declarado en la política integrada además de las regulaciones respectivas dentro de su ámbito de responsabilidad y por lo tanto contribuyen al éxito sostenible de la empresa.

## 1.5 Cultura organizacional

En torno a la cultura organizacional, el jefe de comunicación y responsabilidad social de Induglob y miembro de la familia dueña de la empresa, el señor Pablo Daniel Jaramillo indica que la cultura organizacional nace de la filosofía del fundador de la empresa o de sus directivos y esta influye fuertemente en el criterio que se emplea en la contratación del personal. Es así que la historia de la empresa, su comportamiento, su proceso de comunicación y de relaciones interpersonales, la toma de decisiones y su filosofía son algunos de los elementos que constituyen la cultura organizacional y es a través de ella que se ilumina y alimenta el compromiso del colaborador con la empresa (Rodas & Andrade, 2017).

En la Figura 7 se muestran las diferentes certificaciones obtenidas por Indurama como resultado de su buen desempeño en los diferentes aspectos que involucran los procesos industriales y de comercialización tales como la calidad de sus productos, la seguridad de sus colaboradores, el cuidado y respeto con el medio ambiente entre otros. Es a través de estos reconocimientos que la empresa demuestra su compromiso con el correcto desarrollo de sus actividades.

**Figura 7**

*Certificaciones obtenidas por la marca Indurama.*



Exploramos día a día en beneficio de nuestros clientes, proveedores y colaboradores. Cumplimos y monitoreamos constantemente nuestros productos con normativas de Chile, Colombia, Venezuela y Perú. Somos el primer laboratorio de línea blanca acreditado en el Ecuador con la norma ISO 17025:2017. **Contamos con Certificaciones: BASC V5:2017.**

**(Gestión de Seguridad y Control), ISO 50001:2018 (Eficiencia Energética), ISO 9001:2015 (Gestión de Calidad), ISO 14001:2015 (Gestión Ambiental), las mismas se encuentran implantadas en nuestros procesos.**



### **1.6. Estructura funcional de Electroandina Industrial S.A.C.**

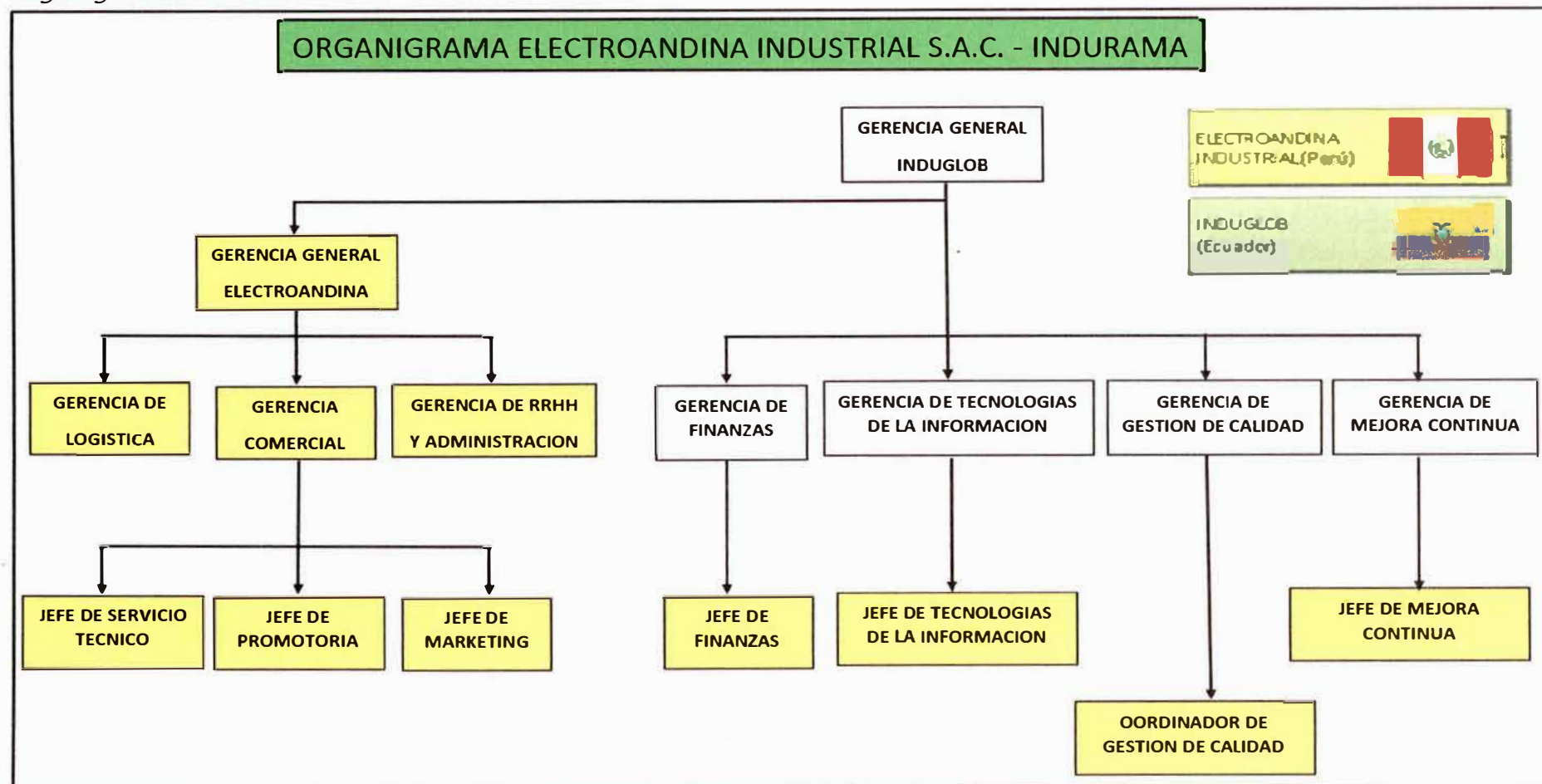
Indurama es una empresa perteneciente al grupo Concenso, el cual reúne a empresas dedicadas a diferentes tipos de negocios en tre las que se encuentran además de Indurama, la empresa Marcimex, Serviandina, Mercandina movilidad entre otras.

Para este caso explicare la estructura organizacional de la empresa Indurama que como ya se mencionó en el Perú se estableció la planta industrial bajo la razón social de Electroandina industrial S.A.C. y que como se muestra en la Figura 8 dependía organizacionalmente de Indurama ecuador cuya razón social es Induglob.



Figura 8

Organigrama de Electroandina Industrial S.A.C.



Fuente: (Rivas, 2022)

### **1.7. Normatividad empresarial**

En principio, tanto como fabricante y además como comercializador y distribuidor de aparatos electrodomésticos de alta calidad, tiene un fuerte compromiso con el principio rector de llevar una conducta responsable y respetuosa con las leyes vigentes en cada uno de los países donde la marca tiene presencia.

El cumplimiento de este principio constituye la base de la excelente reputación que Indurama ha logrado conseguir y que se ve interiorizado en cada una de las personas que forman su capital humano, en sus clientes, sus socios comerciales y el público en general que conoce de la marca y en muchas ocasiones se identifica con ella. (Guzman, Miranda, & Olivos, 2022)

Indurama como empresa que ya logro alcanzar su madurez empresarial tiene desarrollado un código de ética el cual está declarado de la siguiente manera:

“El código de ética es la expresión del compromiso de nuestra empresa por mantener los más altos niveles éticos en el desempeño de quienes lo integran. El código reconoce y armoniza los principios morales. Las leyes, así como la normatividad vigente aplicable a nuestra compañía, se difunde con la convicción de que todos quienes colaboramos en ella, hemos adquirido, una convicción que nos permite comprometernos con una conducta ética ejemplar” (Guzman, Miranda, & Olivos, 2022)

## 1.8. Principios para el logro de la calidad

Indurama de forma responsable y de manera pro activa busca garantizar un correcto desarrollo de sus procesos y como consecuencia de esto asegurar la calidad de sus productos.

Como resultado del cumplimiento de sus compromisos para el logro de la calidad, la organización pudo cumplir con los requisitos para obtener importantes certificaciones, las cuales son:

- ISO 9001-2015: Para mejorar la confianza y satisfacción del cliente a través del sistema de gestión de calidad (SGC).
- ISO 14001-2015: Para demostrar su compromiso con el cuidado del medio ambiente y el cuidado de los recursos naturales a través de sistema de gestión de ambiental (SGA)
- ISO 17025-2017: Para garantizar la correcta gestión de los laboratorios de ensayo y calibración.
- ISO 50001-2018: Para la implementación de tecnologías destinadas a mejorar la eficiencia energética, el uso y el consumo de energía.
- BASC V5-2017: Para la gestión de seguridad y control de un comercio seguro.

Para Indurama no solo la calidad es importante, también lo es el cuidado de la salud de sus colaboradores y personas que desarrollen alguna actividad dentro de las instalaciones de la empresa, así como el asegurar la continuidad de sus operaciones. Por ello además de las certificaciones ya mencionadas, Indurama implemento el sistema de Auditorias de Riesgos de Trabajo (SART), y es a través de esto que la empresa puede demostrar su compromiso con la seguridad y salud de sus colaboradores y empleados.



## **1.9 Sistema de seguridad industrial**

Indurama, a través de su subsidiaria en el Perú, Electroandina Industrial S.A.C. llevó a cabo sus actividades industriales, comerciales y administrativas de manera responsable, buscando asegurar y mantener un sistema de seguridad industrial basado en los siguientes compromisos:

- Programa de control sanitario.
- Cronograma del programa anual de Seguridad y Salud en el Trabajo (SST).
- Programa Anual de salud ocupacional.

## **1.10 Gestión de impactos ambientales**

A través del Sistema Integrado de Gestión (SIG), Electroandina Industrial S.A.C. pudo identificar y controlar los aspectos ambientales relacionados con sus procesos de acuerdo a las siguientes herramientas de gestión:

- Identificación de Aspectos Ambientales y Evaluación de Impactos Ambientales.
- Plan de Manejo Ambiental.
- Programas de manejo Ambiental.
- Programa de Gestión de agua.
- Plan de Manejo de Residuos Sólidos.
- Programa de Gestión de Energía.
- Programa de Medio Ambiente.
- Matrices de Inventarios Crítico Ambiental.
- Control de Emisiones Atmosféricas y Efluentes Líquidos.

## **2 CARGOS Y FUNCIONES DESARROLLADAS COMO BACHILLER**

### **2.1 Contexto laboral**

Ingresé a laborar a Electroandina Industrial S.A.C. en abril del 2010 como inspector de procesos, pero después de siete meses en el puesto y debido a mi buen desempeño fui promovido a supervisor de producción del área de recubrimientos, lo que involucraba tener bajo mi responsabilidad los procesos de tratamiento superficial, pintado electrostático y esmaltado mediante el sistema de inmersión.

Cuando tome el cargo de supervisor, Electroandina Industrial S.A.C. recién comenzaba a desarrollar los procesos de recubrimiento en su planta de Perú y aunque contaba con una amplia experiencia pintando y esmaltando componentes en su casa matriz, se tuvo que hacer mucho trabajo de adecuación de estos procesos a las nuevas condiciones que presentaba esta nueva locación en Lurín donde por ejemplo contaba con una calidad de agua con características no adecuadas para el proceso de tratamiento superficial, además se contaban con equipos de segundo uso que generaban mucha pérdida de disponibilidad para el proceso sumado a la poca experiencia del recurso humano.

Estos inconvenientes entre otros representaron un gran desafío para el equipo de trabajo, es por ello que en colaboración con nuestros aliados estratégicos y el seguimiento constante del equipo de Induglob, logramos establecer procesos de tratamiento superficial, pintura y esmaltado de forma sistematizados y enfocados en el esquema de la mejora continua.

## 2.2 Descripción de cargos y funciones

Debido a que el presente informe describe sobre el trabajo realizado en Electroandina Industrial S.A.C. como supervisor de tratamiento superficial y pintado electrostático, los cargos y las funciones desarrollados dentro de la organización que menciono en la Tabla 1.

**Tabla 1**  
*Cargos de responsabilidad en Indurama.*

Periodo	Cargo	Funciones
Enero 2014- octubre 2016	Coordinador de Calidad	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gestionar la elaboración normas, procedimientos y lineamientos en el proceso manufacturero.</li> <li>• Velar por cumplimiento de los estándares de calidad en toda la cadena de valor.</li> <li>• Asegurar el correcto y oportuno tratamiento de las acciones correctivas y preventivas en el proceso de producción.</li> </ul>
noviembre 2010- diciembre 2013	Supervisor de Tratamiento de superficies	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Coordinar con el área de logística de planta, planeamiento de la producción y el análisis de estructuras para un flujo continuo de materiales para la producción.</li> <li>• Velar por el cumplimiento de los inventarios de las diferentes ubicaciones de planta asignadas a mi responsabilidad.</li> <li>• Velar por el cumplimiento de las especificaciones del manual de seguridad Industrial y el uso de los equipos de seguridad y protección individual.</li> </ul>
abril 2010- octubre 2010	Inspector de Procesos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Realizar las inspecciones y ensayos de los productos semielaborados en los distintos procesos de producción.</li> <li>• Elaborar informes de indicadores críticos de productos en proceso para evaluar los resultados operativos.</li> <li>• Elaborar, monitorear y registrar las “Ordenes de no despacho” de lotes de producción que incumplen los requisitos de calidad.</li> </ul>

Además de Indurama, tuve la oportunidad de ser parte de diferentes organizaciones tanto antes como posterior a mi experiencia como supervisor de tratamiento superficial y acabados en la empresa en mención y que detallo en la Tabla 2.

**Tabla 2**

*Cargos de responsabilidad en otras organizaciones distintas a Indurama.*

Periodo	Cargo	Organización	Funciones
Abril 2021- febrero 2022	Ingeniero de procesos	BSH Electrodomésticos S.A.C.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diseñar y mejorar los procesos productivos mediante el uso de las herramientas de la mejora continua.</li> <li>• Ejecutar planes de acción orientados a la implementación de medios de producción en fábrica.</li> <li>• Gestionar los medios de producción para un correcto funcionamiento de los procesos de fábrica.</li> </ul>
Mayo 2017- abril 2021	Supervisor de planta de discos y ánodos de zinc	Industrias Electroquímicas S.A.(IEQSA)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Realizar el plan diario de producción detallando el uso de los equipos y distribución del personal según el programa mensual de producción.</li> <li>• Reportar las incidencias que impactan significativamente en el alcance de los objetivos específicos y generales.</li> <li>• Apoya al Sistema de gestión. participando en las auditorías internas(auditor) externas(auditado).</li> </ul>
Enero 2007- marzo 2009	Asistente de Producción	Reactivos nacionales S.A.(RENASA)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ejecutar el desarrollo de las formulaciones de los lotes de producción.</li> <li>• Coordinar con el área de mantenimiento para mantener la operatividad de los equipos de fábrica.</li> <li>• Asegurar el nivel de calidad de los diferentes productos terminados.</li> </ul>
Marzo 2006-agosto 2006	Practicante de laboratorio de desarrollo de colores	Textiles Camones	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Suministrar los insumos a utilizarse en laboratorio y llevar un control del peso y la calidad de los mismos.</li> <li>• Hacer el seguimiento de las recetas de laboratorio y coordinar con el área de teñido para su ejecución.</li> <li>• Coordinar con logística para el manejo de muestras de los diferentes materiales a teñir para el desarrollo de la formulación.</li> </ul>

## 2.3 Responsabilidades señaladas en el manual de organización y funciones

### Objetivos generales del puesto:

- Los objetivos generales a los que apuntaba mi posición como supervisor dentro de Electroandina Industrial S.A.C., era la de desarrollar, optimizar y administrar los procesos productivos tanto de tratamiento superficial, pintado electrostático y la de esmaltado por inmersión de componentes destinados a la fabricación de cocinas de horno a gas y refrigeradoras.

### Objetivos específicos del puesto:

- Analizar y optimizar los procesos productivos mediante el uso de las herramientas de la mejora continua.
- Ejecutar planes de acción orientados a la implementación de medios de producción para los procesos de tratamiento superficial, pintado electrostático y esmaltado por inmersión.
- Diseñar, elaborar y administrar los documentos de control para los procesos de tratamiento superficial, pintado electrostático y esmaltado por inmersión y que forman parte del sistema integrado de gestión.
- Aportar al cumplimiento de las metas de productividad, calidad y seguridad tanto específicas del área de acabados como las metas generales de fábrica.
- Desarrollar y ejecutar los planes de mantenimiento autónomo de los equipos necesarios para el desarrollo del proceso de tratamiento superficial, pintado electrostático y esmaltado por inmersión.

## 2.4 Personal a cargo y sus responsabilidades

Para cumplir con las funciones y responsabilidades asignadas a mi cargo como supervisor de producción en Electroandina Industrial S.A.C. tuve el apoyo constante y necesario con un gran equipo de personas con las que pude trabajar de manera directa y cuyos cargos y responsabilidades principales muestro en la Tabla 3.

**Tabla 3**  
*Personal a cargo y sus responsabilidades.*

<b>Personal a cargo y unidades de apoyo</b>	
<b>Cargo</b>	<b>Responsabilidad</b>
Maquinista	Garantizar la fabricación de productos cumpliendo los estándares de calidad, productividad, seguridad y servicio de los procesos y producto terminado. Tiene a su cargo la operatividad de una o más maquinas asignadas, según la Matriz de Capacitación Máquinas y Equipos.
Operador TPM	Realizar las actividades de mantenimiento autónomo para garantizar su operación de manera segura de las máquinas y equipos / herramientas.
Operario de producción nivel II	Llevar a cabo las actividades y tareas críticas de los procesos de tratamiento superficial, esmaltado mediante inmersión y pintado electrostático.
Operario de producción nivel I	Llevar a cabo las actividades y tareas no críticas de los procesos de tratamiento superficial, esmaltado mediante inmersión y pintado electrostático.

## **2.5 Función ejecutiva y/o administrativa adicional**

Como parte del equipo de Electroandina Industrial S.A.C. realice diversas funciones relacionadas directamente con el proceso motivo del presente informe, pero además realice labores complementarias pero orientadas al logro de los objetivos generales de la organización, las cuales describo en la Tabla 4.

**Tabla 4***Labores y tareas adicionales a las funciones principales del puesto.*

Nro.	Labores	Tareas
1	Gestionar los estudios de tiempos y balances de línea.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Solicitar los programas de producción de las líneas de cocinas y refrigeradoras.</li> <li>Cotejar los volúmenes de los diferentes modelos con la estructura del producto.</li> <li>Calcular la cantidad de componentes a pintar o esmaltar.</li> <li>Desarrollar el plan de cargas de los componentes al proceso de pintura y esmaltado.</li> </ul>
2	Dar el soporte al área de desarrollo en la implementación de nuevos materiales para la producción.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Desarrollar pruebas de campo para la evaluación de nuevos materiales.</li> <li>Elaborar informes de aprobación según el protocolo de pruebas de nuevos procesos.</li> <li>Llevar a cabo proceso de muestra y lotes pilotos en el desarrollo de nuevos materiales.</li> <li>Calcular los nuevos parámetros de operación y valores de rendimiento para la actualización de las estructuras.</li> <li>Desarrollar plantillas para el análisis FMEA para los procesos de fábrica.</li> </ul>
3	Implementar la herramienta de análisis de modo de fallo y su efecto (AMFE).	<ul style="list-style-type: none"> <li>Difundir la metodología y el uso de herramienta AMFE a todas las partes interesadas.</li> <li>Desarrollar los FMEA para los procesos de mecánica, recubrimientos y líneas de ensamble.</li> <li>Realizar acciones preventivas y de control para los riesgos operativos identificados en la herramienta AMFE.</li> <li>Identificar los puntos críticos de los equipos que pertenecen a los procesos de tratamiento superficial, pintura y esmaltado.</li> </ul>
4	Desarrollar el plan de mantenimiento autónomo y plan de limpieza del área de recubrimientos	<ul style="list-style-type: none"> <li>Establecer la frecuencia del mantenimiento autónomo de los equipos en base a datos históricos o recomendaciones del fabricante.</li> <li>Desarrollar junto a mantenimiento los manuales del mantenimiento autónomo, así como los controles de su ejecución.</li> <li>Elaborar el programa de limpieza del área de recubrimientos designado los equipos responsables de la ejecución.</li> </ul>



## 2.6. Cronograma de actividades realizadas como bachiller

Para el desarrollo de las mejoras realizadas se llevaron a cabo varias actividades según la secuencia y en los tiempos indicados en la Figura 9.

**Figura 9**

*Cronograma de actividades realizadas como bachiller en Electroandina Industrial S.A.C.*

ACTIVIDAD	INICIO DEL PLAN	FIN DEL PLAN
Revisión de los principales fallos de los procesos de tratamiento superficial y pintura	2/11/2010	5/11/2010
Diagnostico del estado actual del área de recubrimientos	8/11/2010	12/11/2010
Reuniones técnicas con el proveedor de insumos químicos de la línea de tratamiento superficial	15/11/2010	26/11/2010
Reuniones técnicas con el fabricante del horno de polimerizado	29/11/2010	3/12/2010
Organización del programa de capacitaciones para el personal de recubrimientos	6/12/2010	7/12/2010
Desarrollo del plan de capacitaciones para el personal de recubrimientos	9/12/2010	17/12/2010
Formación de los equipos de trabajo para tratamiento superficial y pintura	20/12/2010	23/12/2010
Revision de mejoras realizadas en empresas con procesos similares	20/12/2010	23/12/2010
Identificacion de oportunidades de mejora en los procesos de tratamiento superficial y pintura	3/01/2011	7/01/2011
Estudio del tiempo de saturacion del baño desengrasante	10/01/2011	15/04/2011
Propuesta de soluciones para la reduccion de lodos del baño desengrasante	18/04/2011	29/04/2011
Proceso de adquisicion del equipo desnatador OIL SKIMMER	16/05/2011	30/06/2011
Estudio de mejoras para los residuos del proceso de fosfatizado	2/05/2011	31/05/2011
Propuesta de soluciones para la reduccion de lodos de fosfatizado	1/06/2011	17/06/2011
Gestion para la implementacion de bombas dosificadoras en el proceso de tratamiento superficial	20/06/2011	8/07/2011
Implementacion del decantador troncoconico para el tratamiento de lodos de fosfatizado	4/07/2011	31/08/2011
Pruebas de secado de lodos precipitados	4/07/2011	15/07/2011
Puesta en marcha del proceso de precipitado y posterior secado de lodos de fosfatizado	5/09/2011	9/09/2011
Desarrollo de mejoras en el consumo de energia en los equipos de la linea de pintura	3/01/2011	31/03/2011
Implementacion de ductos independientes para la descarga de enjuagues	5/09/2011	30/09/2011
Analisis del estado del area de recubrimientos despues de las mejoras implementadas	10/10/2011	21/10/2011

### **3 DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD TÉCNICA Y APLICACIÓN PROFESIONAL**

#### **3.1 Contexto laboral en el área de trabajo**

##### **3.1.1 Labores y tareas relacionadas con el tema específico a desarrollar**

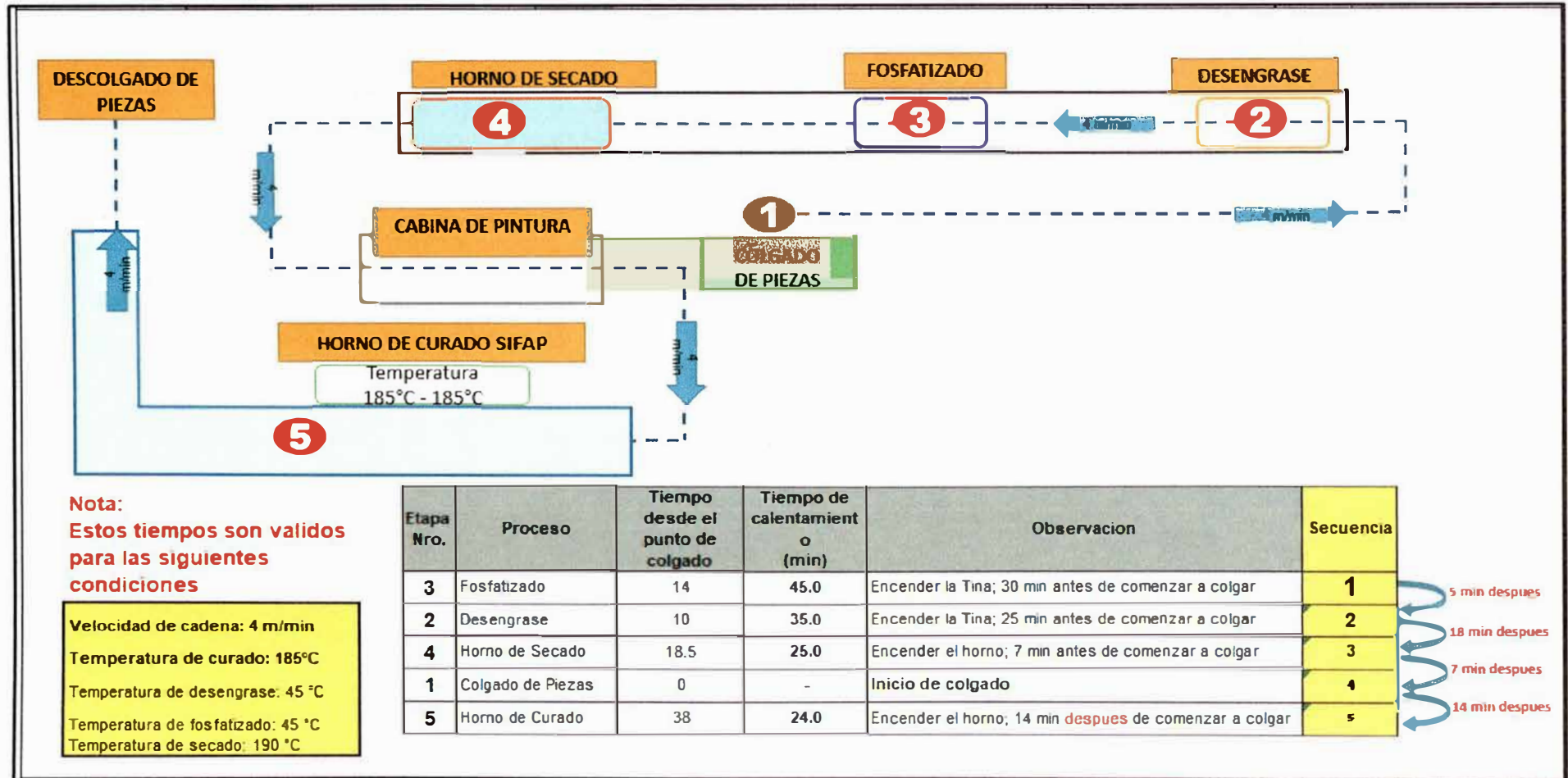
Para poder desarrollar el tema de mi informe de suficiencia profesional, “Reducción de los residuos peligrosos de las etapas de desengrase químico y fosfatizado para el proceso de pintado electrostático” en la empresa Electroandina Industrial S.A.C., desarrollé junto a un equipo de trabajo las siguientes actividades:

- Llevé a cabo el control de los procesos de recubrimientos, asegurando el cumplimiento de los parámetros de operación como la temperatura, presión del sistema de aspersión, concentración del insumo químico, tiempo de residencia y calidad de los baños que fueron establecidos por el departamento de ingeniería desde la casa matriz en Cuenca Ecuador.
- Gestioné el plan de mantenimiento autónomo de todas las etapas que conforman el proceso de tratamiento superficial y pintado electrostático, esto implicaba la programación de las descargas para el caso de renovación de los baños de desengrase y fosfatizado, la solicitud de los recursos al área de producción, la gestión con el área de compras para solicitar el servicio de succión de los residuos peligrosos.
- Supervisé el cumplimiento de la correcta disposición de los lodos de desengrase y lodos de fosfatizado en forma de efluentes peligrosos y en sólidos peligrosos provenientes del proceso de tratamiento superficial, pintado electrostático y esmaltado, esto implicaba el desarrollo de la operación de succión de lodos, pesaje de las unidades de transporte (cisternas de succión e impulsión) y la documentación que acompaña y certifica el manejo correcto de los residuos.

- Participé en el comité para el uso correcto de energía en donde mediante la evaluación permanente de indicadores de eficiencia energética, se establecieron planes de acción para corregir desviaciones que nos alejen de nuestras metas, además de buscar oportunidades de mejora en nuestro desempeño ambiental por el menor consumo de recursos en el desarrollo de nuestros procesos.
- Participé junto a las áreas de ingeniería y al área de salud, seguridad ocupacional y medioambiente (SSOMA) en el desarrollo del plan de balance hídrico para determinar el estimado del consumo de agua en todos los procesos de fábrica y áreas administrativas, siendo el proceso de tratamiento superficial uno de los principales consumidores del agua para uso industrial.
- Desarrollé junto al área de mantenimiento, proyectos para mejorar el desempeño energético del horno de polimerizado, el cual funciona con un doble sistema; curado por convección más curado por radiación infrarroja, logrando mejorar el indicador de consumo de energía utilizada por peso de pieza pintada.  
Para esto incrementamos los estándares de cargas a modo de tener un mayor número de unidades pintadas por unidad de tiempo o unidades por hora (UPH).
- Realicé el estudio de los tiempos de puesta en marcha de los diferentes equipos que conforman la línea de tratamiento superficial y pintado electrostático para luego desarrollar un sistema de encendido sincronizado en función a la llegada de materiales a pintar a cada uno de estos equipos, esto con la finalidad de reducir los tiempos de consumo de energía sin el agregado de valor.  
Este trabajo de sincronización del encendido de equipos quedo estandarizado y documentado en la hoja informativa que se muestra en la Figura 10.

Figura 10

Secuencia de encendido de Equipos de la línea de tratamiento superficial en Electroandina Industrial S.A.C.



- En trabajo con el comité de energía formado por responsables de mantenimiento, producción e ingeniería, logramos modificar las características físicas del interior del horno de polimerizado, reduciendo la distancia de los paneles infrarrojos hacia la pieza a curar y por ende reduciendo las presiones de trabajo en los grupos de paneles infrarrojo que conformaban el horno.
- Desarrollamos un programa de renovación de los baños que conformaban el sistema de tratamiento superficial según se muestra en la Figura 11, para ello aplicamos distintos criterios según el tipo de procesos desarrollado en cada etapa.

Para la etapa del desengrase se estableció como criterio de renovación del baño la concentración de aceites y grasas (AYG), la cual debería tener un valor máximo de 5000 ppm presentes en el baño, ya que al superar este valor se volvía perjudicial para el objetivo de remoción de grasas de la chapa metálica.



























































Para la etapa del fosfatizado se estableció como criterio de cambio del baño, la velocidad de sedimentación de los lodos formados como subproducto del tratamiento de conversión química, para ello se analizaban muestras de un volumen conocido del baño y se dejaban sedimentar en unos conos Imhoff, midiendo el volumen de lodos sedimentados en una unidad de tiempo expresado en unidades de mililitros sobre litro por tiempo  $\text{ml}/(\text{L-t})$ .

Para los baños de pre activado y sellado/pasivado, el cambio se dejó en función a los tiempos de vida de los mismos ya que al ser productos de naturaleza biodegradables, es así que después de aproximadamente 7 días de preparado el baño, estos se volvían inocuos para el medioambiente y por ello se podían descargar directamente a la red pública.

Para los enjuagues de desengrase y fosfatizado, estos se descargaban en función a su grado de contaminación, el cual era producido por el arrastre del baño anterior, siendo este residual de baño de naturaleza alcalina para el caso del baño de desengrase y de naturaleza ácida para el baño de fosfatizado.

Figura 11

*Programa de mantenimiento de baños del sistema de tratamiento superficial en Electroandina Industrial S.A.C.*

LUNES		MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO	DOMINGO			
30		1	2	3	4	5	6			
CB-T2 	CB-T5 			LI-T1 	LI-T4 	CB-T2 	CB-T5 			
LI-T2 	LI-T5 			LD-T1 	LD-T4 	LI-T2 	LI-T5 			
7		8	9	10	11	12	13			
	CB-T3 	CB-T6 		LI-T1 	LI-T4 	CB-T2 	CB-T5 			
	LI-T6 	LI-T6 		LD-T1 	LD-T4 	LI-T2 	LI-T5 			
						LD-T2 	LD-T5 			
14		15	16	17	18	19	20			
	CB-T3 	CB-T6 		LI-T1 	LI-T4 	CB-T2 	CB-T5 			
	LI-T6 	LI-T6 		LD-T1 	LD-T4 	LI-T2 	LI-T5 			
21		22	23	24	25	26	27			
	CB-T3 	CB-T6 		LI-T1 	LI-T4 	CB-T2 	CB-T5 			
	LI-T6 	LI-T6 		LD-T1 	LD-T4 	LI-T2 	LI-T5 			
						LD-T2 	LD-T5 			
28		29	30	-	-	-	-			
	CB-T3 	CB-T6 								
	LI-T3 	LI-T6 								
	LD-T3 	LD-T6 								
DESCRIPCION		CAMBIO DE BAÑO (CB)			LIMPIEZA INTERNA (LI)			LIMPIEZA DE DUCTO (LD)		
		Frecuencia (semanas)	Personas (cantidad)	Tiempo (h)	Frecuencia (semanas)	Personas (cantidad)	Tiempo (h)	Frecuencia (semanas)	Personas (cantidad)	Tiempo (h)
T1: Tina 1 (Desengrase)		11	2	2	1	2	2	2	2	2
T2: Tina 2 (Enjuague desengrase)		1	2	0.5	1	2	0.5	2	2	0.5
T3: Tina 3 (Pre activado)		1	2	0.5	1	2	0.5	4	2	0.5
T4: Tina 4 (Fosfato)		4	4	2	1	2	2	1	2	2
T5: Tina 5 (Enjuague fosfato)		1	2	0.5	1	2	0.5	2	2	0.5
T6: Tina 6 (Sellado-pasivado)		1	2	0.5	1	2	0.5	4	2	0.5

### **3.1.2 Conocimientos técnicos de la carrera requeridos para el cumplimiento de las tareas, labores y funciones.**

Para lograr las mejoras en el proceso de fosfatado y pintado electrostático, fue necesario tener conocimientos en los siguientes tópicos:

- Química general, para comprender los conceptos básicos de los aspectos químicos desarrollados en las diferentes etapas del proceso de tratamiento superficial.
- Físico-química, para explicar los fenómenos que ocurren en el proceso estudiado como el intercambio iónico, el equilibrio químico, entre otros.
- Balance de materia y energía, para contabilizar los distintos flujos que se dan en nuestro proceso y como estos interactúan con el entorno.
- Análisis químico cualitativo, para conocer a través de análisis químicos, que sustancias existen en cada etapa de nuestros procesos y estudiar sus características.
- Análisis químico cuantitativo, conocimiento que sirve para establecer la cantidad relativa de las sustancias en una muestra.

Tanto el análisis cualitativo como el análisis cuantitativo nos ayudaron a llevar un correcto control de las concentraciones requeridas en cada una de las etapas del proceso de tratamiento superficial.

- Tratamiento de agua industrial, para llevar a cabo los procesos de purificación del agua utilizada principalmente en los procesos de desengrase químico y fosfatizado de zinc.
- Tratamiento de efluentes industriales, esto con el fin de conocer los conceptos necesarios para la reducción o eliminación de los contaminantes o características no deseables en un efluente y que genera la formación de residuos peligrosos que afectan el medio ambiente.
- Corrosión, para conocer los fenómenos presentes en un proceso de deterioro progresivo de los materiales metálicos pintados y que deben brindar cierta garantía de durabilidad del producto.
- Programa de especialización en Gestión de proyectos, con la finalidad de conocer y utilizar herramientas de organización, planificación y gestión de los recursos para el desarrollo de un proyecto de fábrica.



### 3.1.3 Participación en actividades complementarias

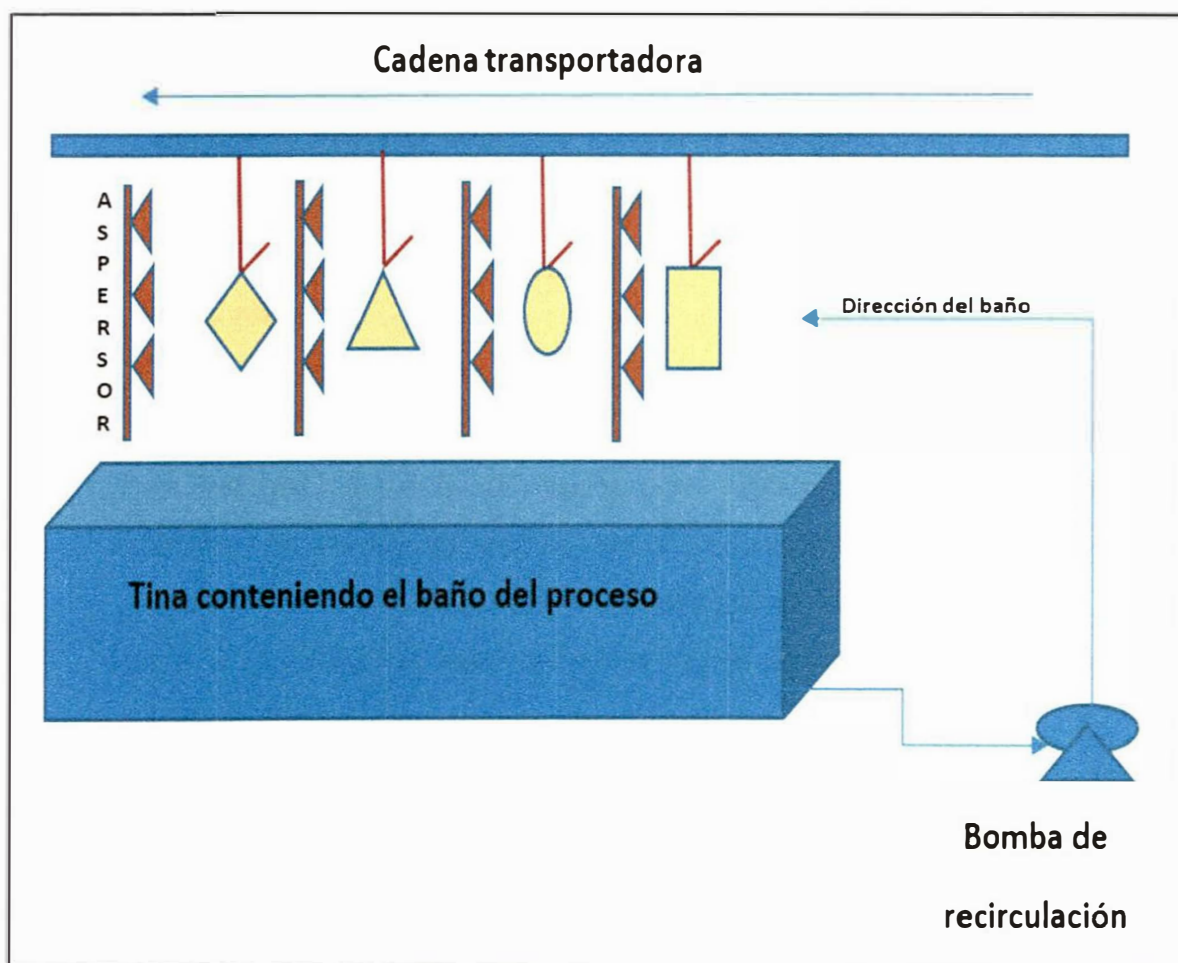
Además de las actividades relacionadas con mi cargo como supervisor de tratamiento de superficies en Electroandina Industrial S.A.C., colaboré con otras actividades complementarias y alineadas a los requerimientos de la organización:

- Participé en los planes de capacitación de los auditores internos.
- Apoyé en el desarrollo de las auditorías internas como actividades previas a la auditoría externa del sistema integrado de gestión.
- Formé parte del equipo encargado de la implementación de los círculos de superación como herramienta de participación del personal operativo en proyectos de mejora de los procesos productivos.
- Apoyé en la elaboración de informes de los proyectos de mejora para presentación de resultados a la gerencia general.
- Como parte del comité de seguridad y salud en el trabajo (CSST), participé en las reuniones de revisión de indicadores de accidentabilidad.
- Participé en la revisión del programa de capacitaciones al personal en temas de seguridad y salud ocupacional.
- Fui miembro del cuerpo de brigadistas y con ello participé en capacitaciones de primeros auxilios y desarrollo de los distintos protocolos de emergencia.
- Apoyé como soporte al área de producción en el análisis de la investigación de incidentes y accidentes ocurridos en los procesos de tratamiento superficial, pintado electrostático y esmaltado.
- Participé en el desarrollo de las matrices de identificación de peligros, evaluación de riesgos y controles (IPERC) y el desarrollo de la matriz de aspectos e impactos ambientales para los procesos de fosfatizado, pintura y esmaltado.
- Participé en el desarrollo del plan de capacitaciones a los colaboradores y coordinadores para el desarrollo de competencias según el tipo de proceso o actividad en la que se iban a desempeñar, considerando además la gradualidad en el desarrollo de actividades desde las menos críticas hasta las más críticas.
- Fui ponente durante la semana de capacitaciones internas dirigidas a todo el personal operativo en temas propios de los procesos desarrollados en fábrica.
- Fui parte de la escuela de formación interna implementada por la casa matriz (INDUGLOB) como experto en tema de recubrimientos y tratamiento superficial.

- Fui miembro del comité de pasantías como organizador y líder de proceso para personal de promotoría y clientes externos.
- Participé de los equipos de toma de inventarios de insumos y productos en proceso que se realiza de manera mensual en las fábricas de cocinas y refrigeradoras.
- Participé en la toma de inventarios de activos de fábrica que se realizaban de manera anual y mediante el cual se tomaban decisiones como las altas o bajas de activos según las necesidades de la fábrica.
- Desarrollé junto al área de planificación de la producción, la necesidad de recursos en insumos, horas hombre y horas máquina para los procesos de fosfatizado, pintura y esmaltado, esto según la estimación de la demanda del año siguiente.
- Participé en conjunto con mantenimiento, ingeniería y gerencia de fábrica la evaluación para la adquisición de medios de producción según necesidades de las fábricas de cocinas y congeladoras y/o para la mejora de los procesos de tratamiento superficial, pintado electrostático y esmaltado.
- Participé en las reuniones diarias de fábrica evaluando las posibles restricciones que no permitan el cumplimiento del plan de producción y según el tipo de restricción establecer un plan de acción entre los diferentes actores de la cadena de producción.

**Figura 12**

*Esquema del sistema de tratamiento superficial mediante el método de aspersión.*



Este proceso comienza por una etapa de limpieza de la chapa metálica, para ello se debe pasar los componentes por un baño desengrasante compuesto en su mayor porcentaje por Hidróxido de Sodio e Hidróxido de Potasio además de aditivos tensoactivos entre otros; este es un baño es de naturaleza alcalina y trabaja con una temperatura entre los 40 y 45 °C, a una concentración del químico desengrasante del 11% en volumen y una presión de salida del baño de 30 psi, esto es seguido de la etapa de enjuague con solo agua a una dureza máxima de 100 ppm, a temperatura ambiente y una presión de aplicación de 20 psi, estas dos primeras etapas cumplen una función exclusivamente de limpieza del acero con lo que se busca eliminar principalmente las grasas y aceites adheridos a la superficie de la chapa y preparar el material para las siguientes etapas.

Luego del proceso de limpieza, la chapa metálica pasa al proceso de fosfatizado que consta de 4 etapas:

1. Etapa de pre activado de la superficie en un baño ligeramente alcalino (pH entre 8 y 9) compuesto principalmente por una solución de Titanio entre otros aditivos, la cuales, al reaccionar en la superficie del sustrato, la predisponen a la generación de cristales de fosfato mediante la formación de núcleos. Para esto, el baño trabaja a temperatura ambiente y una presión en la salida del baño de 20 psi.
2. Etapa de fosfatizado, en un baño de fosfato de zinc el cual trabaja a una temperatura entre los 40 y 45 °C, a una concentración del químico fosfatizante (Ácido fosfórico y ácido nítrico a baja concentración además de sales de fosfato de zinc) del 6% en volumen y una presión de salida del baño de 22 psi. Además, este baño lleva un químico acelerante compuesto principalmente por Nitrito de Sodio con el cual se busca reducir el tiempo de reacción en la formación del fosfato de zinc.
3. Etapa de enjuague de fosfatizado, en una poza que contiene solamente agua con una dureza máxima de 100 ppm, a temperatura ambiente y una presión de aplicación de 20 psi, con el cual se busca eliminar los residuos del baño anterior (baño fosfatizantes).
4. Etapa de sellado y pasivado, el cual también es un baño ligeramente alcalino (pH entre 8 y 9) y trabaja a temperatura ambiente, una presión de aplicación de 18 psi con una concentración del químico sellador del 1% en volumen compuesto principalmente por Trietanolamina además de otros aditivos, el cual cumple la función de pasivar zonas de la chapa metálica que no pudieron ser cubiertas por los cristales de fosfato de zinc y por ende puedan estar expuestas a un proceso de corrosión.

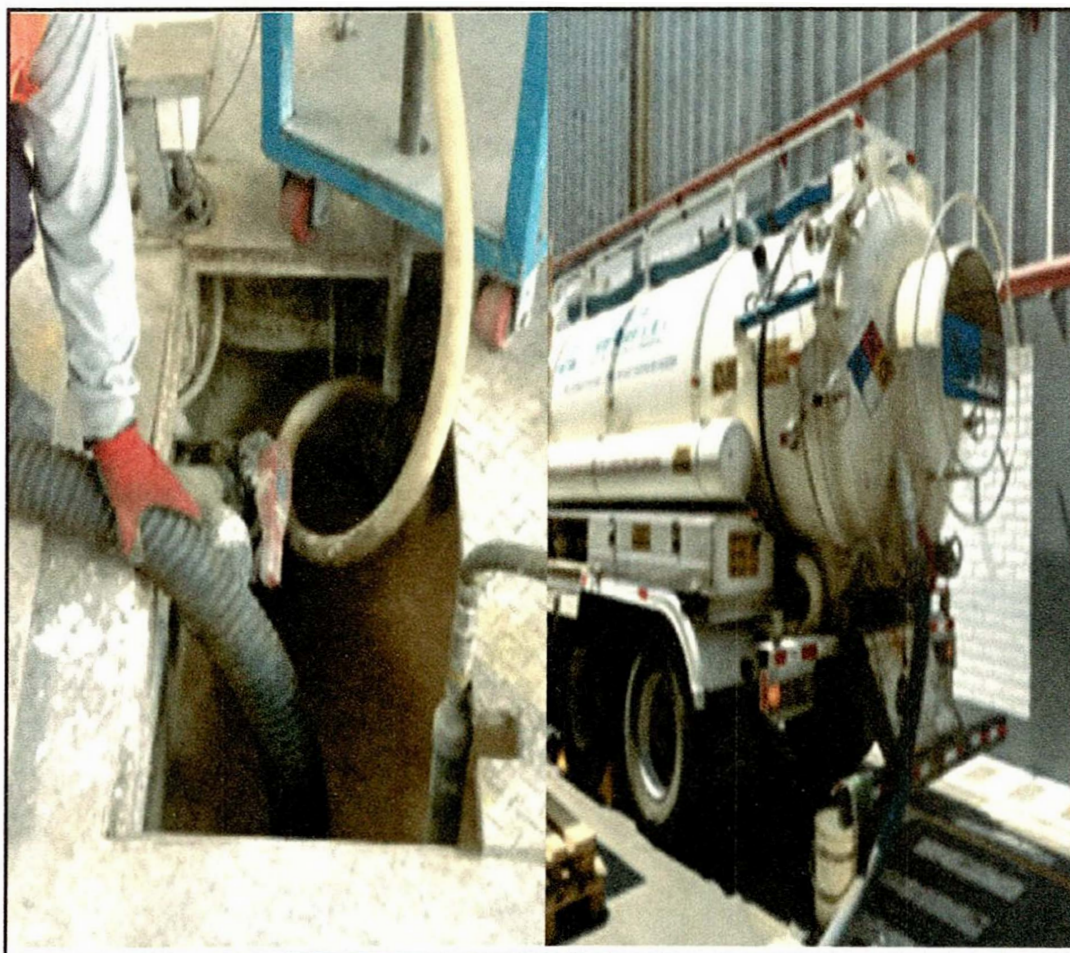
Este proceso de tratamiento superficial, si bien garantiza el cumplimiento de las especificaciones antes mencionadas, tiene el inconveniente de generar una cantidad importante de efluentes principalmente en forma de lodos, los cuales deben ser evacuados de manera periódica y que se realizaba a través de una empresa prestadora de servicios según se muestra la Figura 13.



Estos lodos eran transportados en un contenedor cerrado tipo cisterna para su disposición final en un relleno de seguridad, lo cual queda garantizado por los certificados y constancias que brindaba la empresa dedicada al confinamiento de los residuos peligrosos de forma similar al que se muestra en los Anexos 2; 3 y 4.

**Figura 13**

*Succión de efluentes peligrosos del sistema de tratamiento superficial en Electroandina Industrial S.A.C.*



### 3.2.2 Definición del problema principal y secundarios

Si bien el sistema de tratamiento superficial utilizado por Electroandina Industrial S.A.C. le permite cumplir con las especificaciones exigidas a los componentes pintados, el proceso tiene como problema principal la excesiva generación de efluentes peligrosos provenientes principalmente del baño de desengrase, debido a que este baño, con el tiempo acumula una cantidad importante de aceites lubricantes y grasas principalmente de naturaleza mineral, las cuales son retiradas de las chapas metálicas de los componentes que pasaran al proceso de pintado electrostático.

También se tienen efluentes provenientes del baño de fosfatizado que se dan en forma de lodos férricos clasificados como residuos peligrosos, los cuales de no tener algún tipo de tratamiento o gestión de los mismos podrían terminar poniendo en peligro la continuidad de las operaciones tanto de la línea de fabricación de cocinas como la de fabricación de refrigeradoras, al ser el área de pintado electrostático quien abastece de componentes pintados a ambos procesos.

Además, para el desarrollo del proceso de fosfatizado y con la finalidad de poder cumplir con los parámetros de proceso, se presentan los siguientes problemas secundarios:

- Existe un consumo bastante importante del recurso hídrico, debido a la alta frecuencia de renovación de los diferentes baños, producto en muchos casos de la contaminación temprana debido al proceso de arrastre del baño precedente, además de la pérdida de sus características debido al tiempo de vida de los mismos, que en casos como el baño preactivante y el baño sellador al tener productos orgánicos en su composición, tienen un periodo de vida de entre 7 y 10 días aproximadamente, esto independientemente de su uso y para el caso de los demás baños su tiempo de vida dependía de las condiciones operativas.

Cabe mencionar que, aunque el agua para todos los procesos es extraída desde la capa freática mediante un sistema de bombeo, el sobre consumo de este recurso afecta el cuidado del medio ambiente con el que la empresa está comprometida.

- El proceso también consume una gran cantidad de energía, la cual se obtiene a partir de la combustión del gas licuado de petróleo (GLP), esto para mantener las condiciones de temperatura necesaria en los baños de desengrase y fosfatizado, sistemas que trabajan en rangos de temperatura entre 40 °C y 45 °C.

Otro proceso que consume energía calorífica es el secado, el cual se realiza una vez terminado el proceso de sellado y previo al proceso de aplicación de la pintura en polvo.

Finalmente tenemos el proceso de curado de la pintura electrostática el cual se desarrolla en el horno de polimerizado y que consume otra cantidad importante de energía calorífica proveniente de la combustión del GLP.



### 3.2.3 Justificación e importancia

Es debido a su condición de residuo peligroso, que tienen los lodos de desengrase y los lodos de fosfatizado que los efluentes provenientes de ambos procesos del sistema de tratamiento superficial no pueden ser vertidos al sistema de alcantarillado de la red pública ya que estos por su naturaleza, incumplen con los valores máximos admisibles de los parámetros establecidos en los Anexos 1 y 2 del DS 021-2009 del servicio de agua potable y alcantarillado y SEDAPAL según se muestra en el Anexo 5.

Debido a esta condición es que estos efluentes en forma de lodos se gestionan de una manera distinta a los efluentes de los otros cuatro baños que forman parte del sistema de tratamiento superficial.

Por esta razón cuando llegaba el periodo de renovación del baño de desengrase y del baño de fosfatizado, sus lodos eran descargados primero a una poza de homogenización con la finalidad de contenerlos para una posterior gestión, sin embargo, la operación de descarga de estos lodos además de generar un fuerte impacto ambiental conlleva a detener las operaciones por un tiempo promedio de tres horas y con una frecuencia aproximada de dos veces por mes, reduciendo así la capacidad del proceso de tratamiento superficial.

Es importante mencionar que un problema adicional se da por el hecho de que los lodos al ser descargados primero a la poza de homogenización antes de ser succionados por una cisterna, estos generaban un nivel de contaminación de toda la línea de descarga que incluye una canaleta de trasvase y la propia poza de homogenización debido al arrastre del efluente además de la condición de las paredes internas de la canaleta que es a base de concreto y debido a que esta misma poza se utiliza como punto de paso para la descarga de los enjuagues de desengrase, enjuagues de fosfatizado, el pre activado y el sellador, estos efluentes en un inicio no peligrosos, terminan contaminándose con los remanentes de lodos que quedan en la línea de descarga convirtiéndose así en residuos peligrosos y por ende incrementando el volumen de residuos generados por el proceso.

### 3.2.4 Referencias nacionales e internacionales

El trabajo desarrollado en Electroandina Industrial S.A.C. que tuvo como finalidad la reducción de los volúmenes de residuos peligrosos en forma de lodos de desengrase y fosfatizado y que es motivo del presente informe que tiene como referencias algunos trabajos de investigación realizados en industrias similares y que presento a continuación:

#### **Primera referencia**

En el año 2009, la empresa Suzuki Motor de Colombia, con el acompañamiento del Centro Regional de producción más limpia – Eje Cafetero y la Universidad Tecnológica de Pereira, apostó por implementar dentro de su empresa un proyecto de producción más limpia en el proceso de fosfatizado, debido a que detectaron dentro de este proceso una producción excesiva de residuos, tales como aguas residuales y lodos, además de altos consumos de materias primas y agua.

Como parte de este estudio se establecieron indicadores propios para el proceso de fosfatizado tales como: Consumo de agua en cada baño; producción diaria y su equivalente en unidades de área procesada; frecuencia de recarga de los baños entre otros indicadores. En base a los resultados, se buscó mejorar el desempeño del proceso desde su origen, para esto se comenzó capacitando al personal en buenas prácticas de trabajo además del mejoramiento de sus procesos, prolongando el tiempo de vida de sus baños mediante la implementación de un sistema de filtración continua y monitoreo de los baños.

Para reducir el consumo del agua, la empresa optó por mejorar los tiempos de escurrimiento a fin de permitir que los residuos del baño atrapados en las piezas tratadas retornen al baño reduciendo el arrastre. También mejoraron la dosificación de los insumos desarrollando un sistema de lavado intermitente, se implementó un sistema de incineración de los lodos para la pérdida de humedad y degradación del residuo seco, además implementaron un sistema de tratamiento de las aguas denominada, Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Industriales (PTARI).

Esto logró una reducción del 50% del consumo de agua en su proceso de desengrase se tuvo una reducción similar en el consumo del insumo químico para esta misma etapa y se logró incrementar en un 7% el área tratada en esta etapa.

(Ocampo, 2009)

## Segunda referencia

Otro estudio relacionado con el tema en desarrollo se realizó en el año 2017 en la empresa Industrias electroquímicas S.A. (IEQSA), empresa de capitales peruanos, dedicada a la fabricación y comercialización de productos derivados del Zinc como por ejemplo el Óxido de Zinc, ánodos para la industria de la galvanoplastia, bobinas de aleación de zinc para la industria de la construcción, entre otros.

En este caso se estudió la posibilidad de la implementación de una planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) provenientes del proceso de fosfatizado de láminas de zinc. Este sistema se pensó como una solución para la reducción de la concentración de metales como níquel y zinc presentes en las aguas residuales de la planta de prepatinado que la empresa operaba y que consistía en un tratamiento superficial de conversión química sobre las láminas de zinc en forma de bobinas con la finalidad de eliminar el aspecto brillante del zinc laminado, confiriéndole a la chapa un aspecto muy parecido a su patina natural (gris pizarra o gris claro) tal como se muestra en la Figura 14.

Este aspecto envejecido que adquiría la chapa de zinc se realizaba por una necesidad de los clientes, principalmente del sector de la construcción que buscaban eliminar la marcada diferencia de tonalidad cuando se reemplaza una plancha metálica gastada por una plancha nueva como parte de una infraestructura.

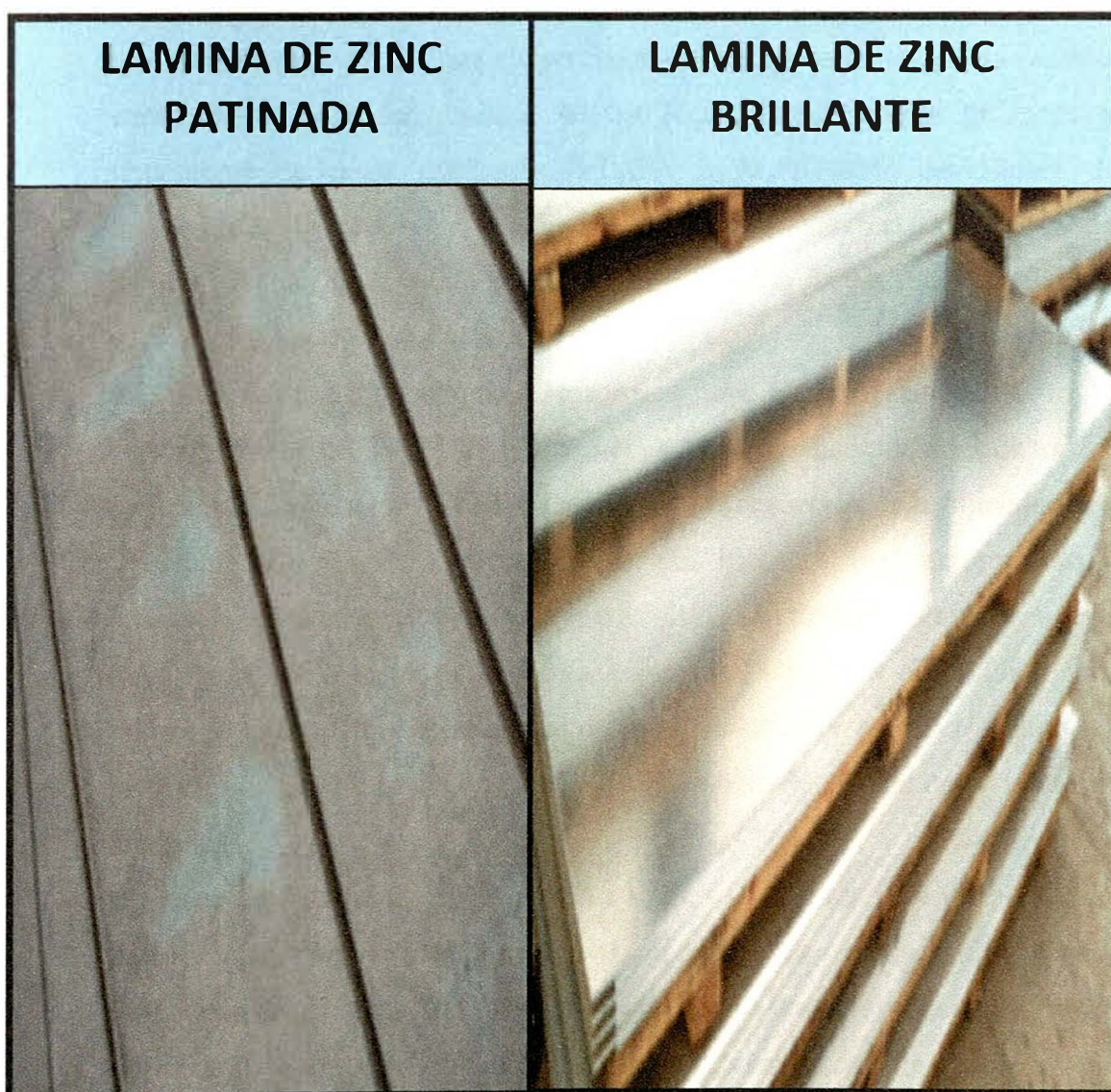
El estudio comenzó con la realización de pruebas de laboratorio para determinar las causas que originaban la alta concentración de níquel y zinc en sus efluentes provenientes del proceso de prepatinado.

En base a los resultados del análisis de causa, se pudo seleccionar de una mejor manera, el método de tratamiento adecuado para este tipo de efluente.

El tratamiento aplicado consistía en un proceso de precipitación del afluente, con el uso de un producto químico coagulante a fin de separar los metales pesados del agua residual, principalmente el zinc. Los resultados del proceso de precipitación fueron verificados después al realizar análisis sobre los mismos efluentes, encontrándose con valores por debajo de lo que se exige el DS 021-2009 Vivienda en sus anexos 1 y 2 (Rodríguez & Conde, 2017).

**Figura 14**

*Diferencia de acabado entre una lámina de zinc patinada y una brillante*



### **Tercera referencia**

En el año 2020 se desarrolló un trabajo de investigación para la evaluación de distintas alternativas de tratamiento físico-químicos, esto con el fin de reducir el contenido de humedad presente en los lodos que provenían de la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) de la industria envasadora de gas doméstico ENI Ecuador en la planta PIFO. El tratamiento realizado a sus lodos, les permitió reducir los costos generados por la gestión de sus residuos peligrosos y además mejorar su desempeño ambiental.

En este estudio se comenzó realizando una caracterización de los lodos provenientes de la PTAR y de esta manera evaluar los distintos tipos de tratamiento aplicados primero a escala de laboratorio para la reducción de la humedad presente y según ello diseñar el tratamiento que presente los mejores resultados, considerando además el estudio de sostenibilidad económico, técnico y social.

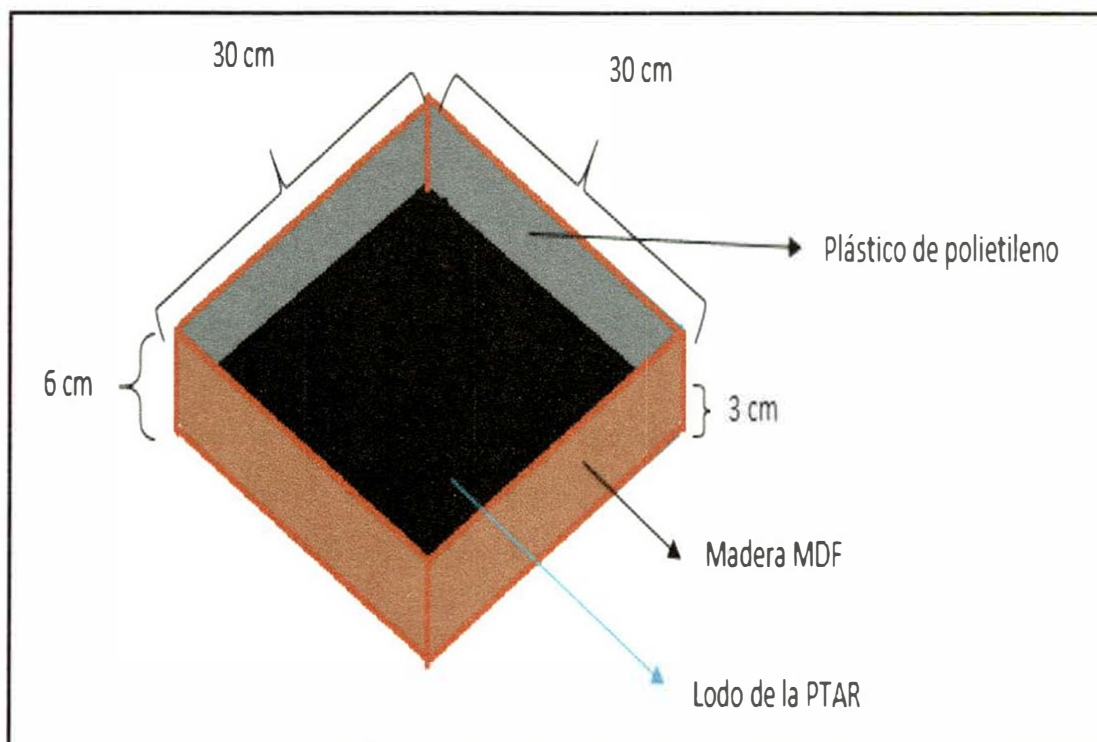
Se evaluaron técnicas como el secado solar más filtración y el acondicionamiento químico usando óxido de calcio como acondicionamiento previo al secado solar, el cual se realizaba depositándose los lodos en cajones de madera como se muestra en la Figura 15.

El tratamiento desarrollado le permitió a la empresa reducir significativamente la humedad presente en sus efluentes, esta pérdida de humedad estaba en función de la cantidad de cal viva (óxido de calcio) agregada a los lodos y del posterior secado al ambiente teniendo los cuidados del caso por la emanación de gases provenientes de la reacción de la cal con los lodos. (Leon & Lopez, 2020).



**Figura 15**

*Esquema de cajones de madera para el tratamiento de secado solar.*



Fuente: (Leon & Lopez, 2020)

### **3.2.5 Objetivo general y específicos**

El trabajo desarrollado en Electroandina Industrial S.A.C. desde mi cargo como supervisor de producción específicamente de los procesos de tratamiento superficial y pintado electrostático, buscó el cumplimiento de objetivos generales, además de los objetivos específicos que habían sido definidos por la organización, los cuales paso a mencionar:

#### **Objetivo general**

Reducir de manera significativa los residuos peligrosos o contaminantes provenientes de las etapas de desengrase químico y fosfatizado de zinc como procesos previos al pintado electrostático sobre chapa metálica.

#### **Objetivos específicos**

Los objetivos específicos, propias de las áreas de tratamiento superficial y pintado electrostático son:

- i. Reducir los volúmenes de residuos peligrosos provenientes de la etapa de desengrase químico
- ii. Reducir los volúmenes de residuos peligrosos provenientes de la etapa de fosfatizado.
- iii. Reducir el consumo de agua utilizado para las diferentes etapas que comprenden el proceso de fosfatizado de zinc.
- iv. Reducir el consumo de energía proveniente de la combustión del gas licuado de petróleo (GLP) para el calentamiento de los baños de desengrase, baño de fosfatizado, secado de piezas fosfatizadas y curado de piezas pintadas.



### **3.3 Marco conceptual y teórico de los conocimientos técnicos requeridos**

#### **Proceso de Fosfatizado**

El Fosfatizado es un tratamiento de conversión química que se desarrolla en la superficie del material a tratar conocido como sustrato, este tratamiento es muy utilizado para la protección de materiales como por ejemplo el Aluminio, el Acero laminado en frío (Acero LAF) y en algunos casos el Acero galvanizado. Dependiendo de las necesidades del fabricante este tratamiento puede usarse como un agente lubricante en el conformado de materiales, como medio reductor del ruido en el mecanizado de piezas, como aislante eléctrico en la construcción de motores eléctricos, como capa previa al recubrimiento con caucho de un metal, etc.

Los tipos de Fosfatizado más usados en la industria son el Fosfatizado de Hierro, el Fosfato de Manganeso y el Fosfatizado de Zinc, el cual es utilizado como protector anticorrosivo, para mejorar la resistencia a la fricción durante la deformación en frío de un metal sin embargo para el presente trabajo hablaremos del Fosfatizado de zinc como proceso previo al pintado electrostático donde su función principal es la de servir como medio de anclaje a la pintura en polvo y como agente anticorrosivo del sustrato, esto debido a sus propiedades como aislante eléctrico evitando así que se genere un proceso de transferencia de electrones e impidiendo de esta manera se desarrolle un proceso de corrosión.

La principal ventaja del fosfatizado de zinc sobre el Fosfatizado de hierro es que este último ofrece una mayor protección contra la corrosión extendiendo el tiempo de vida del producto, pero en desventaja el fosfatizado de zinc requiere un mayor número de etapas por lo que genera un mayor consumo de agua y además produce una mayor cantidad de efluentes peligrosos en forma de lodos.

## **Historia del Fosfatizado**

El Fosfatizado fue concebido antes de la invención de la pintura en polvo siendo patentada la inmersión por Fosfato de Hierro en 1906 por Thomas Watts Coslett en la cual se menciona un baño consistente en limaduras de hierro y ácido fosfórico diluido controlado a una temperatura no muy alta que proporcionaba un recubrimiento protector de fosfato a los materiales después de 2.0 – 2.5 horas de tratamiento, es así como comenzó la explotación del proceso de fosfatizado.

En 1909 es patentado el proceso de fosfatizado de Zinc y en 1928 se reconoció que estos podían ser usados como una capa base previo a un proceso de pintado.

En el año de 1930 se estudió el uso de aceleradores mediante catalizadores y agentes electroquímicos en donde se concluyó que el uso de aceleradores en el Fosfato de Zinc reducía significativamente el tiempo de la operación.

En el año de 1937 se desarrolló el proceso de fosfatizado por el método de rociado.

Entre los años de 1940 y 1960 se evaluó el efecto de otros tipos de fosfatos en los metales, sin embargo, el único que tuvo resultados comparables con el Fosfato de Hierro y Fosfato de Zinc fue el Fosfato de Manganeso.

Entre los años de 1960 y 1980 se buscó mejorar el proceso de fosfatizado y se evaluó el efecto de aditivos, surfactantes, el efecto de la temperatura de trabajo en las soluciones fosfatizantes, esto con la finalidad de reducir el tiempo de operación.

La evolución del proceso del fosfatizado puede ser detallado en cuatro grandes etapas:

1. Antes de la primera guerra mundial: Los fundamentos del proceso son asentados.
2. Inter – guerra: El fosfatizado es establecido industrialmente a gran escala.
3. Segunda guerra mundial: Se desarrollan nuevas aplicaciones para el fosfatizado.
4. Post – guerra: Mejora de las técnicas ocupadas hasta esa fecha.

### Teoría del Fosfatizado

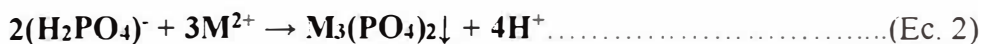
El proceso básico en la formación de cualquier recubrimiento de fosfato es la precipitación simultánea de un ion metálico divalente ( $M^{2+}$ ) y un ion fosfato ( $PO_4^{-3}$ ) sobre una superficie metálica. Se usa la notación  $M^{2+}$  para expresar la formación de la capa de fosfato del metal presente en el insumo (típicamente  $Fe^{+2}$  o  $Zn^{+2}$ ).

Las sales de fosfato, particularmente las sales metálicas divalentes, son solubles en soluciones ácidas e insolubles en soluciones neutras o básicas, por lo que los baños de fosfato son usualmente ácidos.

Cuando un metal es expuesto a la solución fosfatizante, el ácido ataca la superficie del metal observándose dos cambios:

- 1.- El ácido es neutralizado y el pH en la interfase aumenta localmente.,
- 2.- la concentración de los iones metálicos aumenta.

La reacción química en el proceso de fosfatizado es la siguiente:



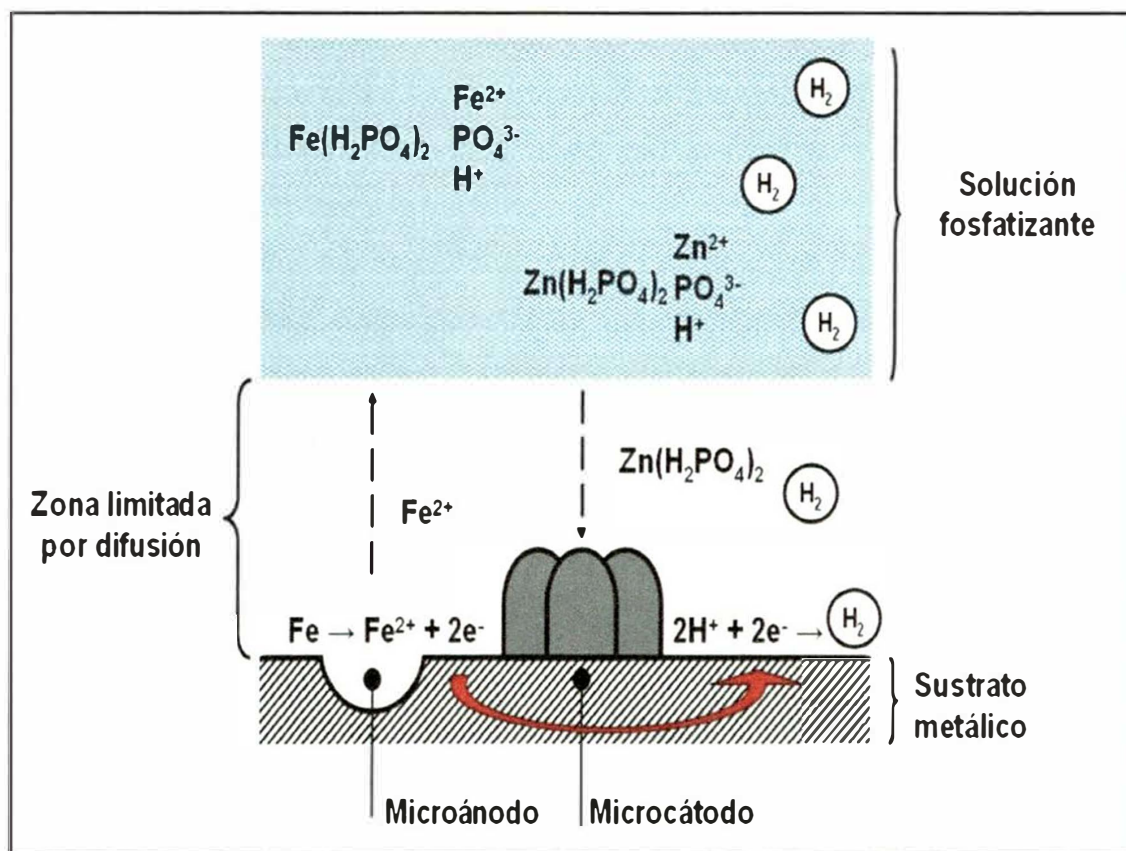
El consumo de  $H^+$  en la interfase causa que se lleve a cabo la precipitación de  $M_3(PO_4)_2$  formando recubrimientos de fosfato dependientes de la composición metálica de la superficie y del tipo de baño en el que éste se expone.

En la Figura 16 se muestra el proceso de formación de los recubrimientos de fosfato. Se ha postulado que los recubrimientos de fosfato son formados en los microcátodos debido a la disminución del pH por los electrones liberados en la disolución del sustrato en las zonas micro-anódicas.

El fosfatado es un proceso en medio ácido con formación de cristales fosfáticos de diversos metales (cationes  $Ca^{+2}$ ,  $Mn^{+2}$ ,  $Ni^{+2}$ ...) con obtención de  $FePO_4$  en forma de lodos.

**Figura 16**

*Proceso de formación de los recubrimientos de fosfato.*



Fuente: (Lopez, 2008)

### **Etapas del Proceso de Fosfatizado**

El proceso de Fosfatizado de zinc realizado en Electroandina Industrial S.A.C. consiste en 6 etapas de baños ordenadas según muestra la Figura 17 y que se describe de la siguiente manera:

#### **1. Desengrase**

Esta etapa es muy importante para asegurar la eficiencia del proceso posterior de pintado en cuanto a la adherencia y consiste básicamente en la remoción de grasa, aceite, polvo y demás partículas contaminantes solubles en el baño desengrasante y que se encuentra en la superficie del sustrato metálico.

Esta etapa favorece el contacto de la solución fosfatizante con la superficie a fosfatizar, y que de no realizarse de manera correcta impediría una buena adherencia de la pintura en polvo al sustrato metálico.

Para ello se utilizaba un desengrasante alcalino a una temperatura entre 40 y 50 °C, el cual era aplicado mediante un sistema de aspersión a una presión de 30 psi mediante un sistema de bombeo, seguido de un conjunto de ductos que transportan el baño desengrasante hasta unas boquillas de aspersión donde el baño es atomizado para ser aplicado sobre la superficie metálica con un tipo de chorro definido por las características de las boquillas.

Los elementos más importantes de una limpieza alcalina son las fuentes y niveles de alcalinidad y la añadidura de quelatos y/o surfactantes, siendo el Hidróxido de Potasio la fuente más usada para el desengrase de acero al carbono.

A medida que se desarrolla el proceso de desengrase, las impurezas removidas del sustrato se acumulan en la solución por lo que, con el paso de una cantidad determinada de área a desengrasar, es necesario desechar parte o la totalidad del baño. Esta cantidad de área tratada previo a la descarga del baño depende de la cantidad de aceites y grasas adheridas a la chapa metálica.

## **2. Enjuague del desengrase**

En esta etapa se busca remover los residuos del proceso de limpieza y desengrase que pudiera tener un efecto negativo en la solución fosfatizante.

Sin embargo, existen investigaciones que indican que, si el enjuague es inadecuado, pueden quedar sales y otros residuos que luego del secado interferirán en la unión de la pintura con el sustrato (Milla-Leòn, 2020).

También se debe tener en cuenta la buena calidad del agua de enjuague, la cual no debe superar las 300 ppm de dureza, caso contrario, las sales principalmente de Calcio y Magnesio pueden quedar impregnadas en las piezas metálicas, generando así problemas posteriores de adherencia de la pintura.

## **3. Pre activado**

La función principal de esta etapa es la de lograr un “refinamiento” del tamaño de grano o de cristal de fosfato a depositarse sobre la chapa metálica teniendo una granulometría homogénea y de tamaño pequeño por lo que los productos utilizados en este baño reciben el nombre de refinadores de grano.



Los componentes principales de los productos utilizados en un baño activador o baño de acondicionamiento como también se le conoce, son las sales de Titanio principalmente los fosfatos de titanio tales como el  $Ti_3(PO)_2$ .

Además, esta etapa debe su importancia a que en muchas ocasiones, la concentración de los componentes en la solución es insuficientes para llevar a cabo la formación espontánea de núcleos de cristales de fosfato, por lo que es necesario iniciar el crecimiento de los cristales por medio de la introducción de núcleos mediante fuentes externas utilizando “semillas” (especies sólidas con estructura cristalina semejante a la fase sólida que va a ser formada) orientando el crecimiento de los cristales en lugares más favorables que otros, es decir, aquellos lugares con una gran cantidad de núcleos (Lopez, 2008).

#### **4. Fosfatizado**

Esta etapa al igual que las demás se puede llevar a cabo tanto por un sistema de aspersión como por uno de inmersión, inclusive por una combinación de ambos métodos, esto según la necesidad de los volúmenes y tipos de componentes a fosfatizar.

Si bien el Fosfatizado de Hierro es el proceso más común en la Industria, se suele utilizar el Fosfatizado de Zinc para especificaciones o estándares de calidad específicos como por ejemplo una alta resistencia a un proceso de corrosión del componente pintado.

#### **5. Enjuague del Fosfatizado**

Esta etapa busca eliminar los residuos del baño de fosfatizado presente en la superficie de los materiales y que a posterior puede causar un efecto contaminante sobre el baño de sellado ocasionado con esto una corrosión en la superficie del sustrato metálico y a su vez formando ampollas en la película de pintura.

El agua utilizado para este proceso debe tener un valor de dureza que no exceda las 100 ppm, para asegurar un buen rendimiento de los insumos químicos utilizados en los baños posteriores.

## **6. Sellado y pasivado**

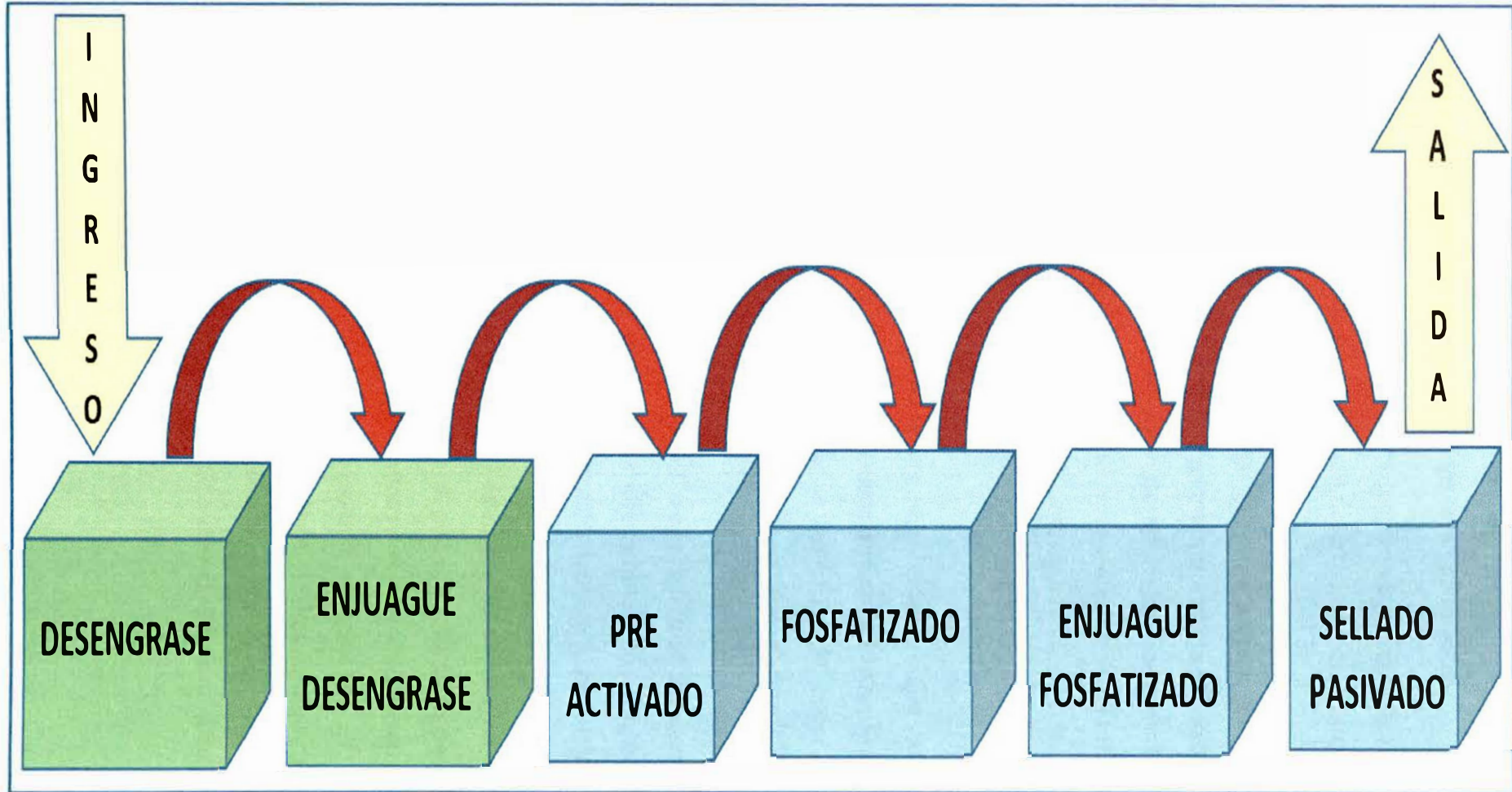
En esta etapa se busca proteger las zonas susceptibles al ataque de la corrosión previniendo la formación de humedad debajo de la capa de pintura en zonas que no lograron ser protegidas por los cristales de fosfato. También busca alcalinizar ligeramente la superficie del sustrato, medio en el que las sales de fosfato de zinc son insolubles evitando así su desprendimiento de la chapa fosfatizada.

Cabe mencionar que esta es la única etapa que no se aplica en todos los sistemas de pretratamiento.

Hasta 1980, los selladores cromados fueron los más utilizados pero debido a su alto grado de contaminación, fueron remplazados por químicos orgánicos que brindaban una protección aceptable tras ser sometidos a pruebas de niebla salina que es un ensayo comparativo de corrosión acelerada (Milla-Leòn, 2020).

**Figura 17**

*Etapas del proceso de tratamiento superficial de fosfatizado de Zinc en Electroandina Industrial S.A.C.*



### **3.4. Propuesta y contribuciones de su formación profesional**

#### **3.4.1 Objetivos y justificaciones del uso de las técnicas propuestas**

El conjunto de técnicas, métodos y procesos propuestos y desarrolladas para cumplir con cada uno de los objetivos específicos se desarrollaron de diferentes maneras y fueron las siguientes:

- i. Con el objetivo de reducir los lodos de desengrase, se propuso primero eliminar el elemento que contaminaba el baño y que en este caso era la presencia de aceites y grasas mezcladas con residuos de las impurezas adheridas a los aceros tratados, estos contaminantes de no ser removidos ocasionaban una saturación del baño el cual debía renovarse haciendo que el baño saturado se descargue en forma de un efluente de consistencia viscosa y con un contenido de aceites y grasas por encima de las 5000 partes por millón (ppm).

Haciendo un seguimiento del proceso, se pudo observar que cuando el baño desengrasante se encontraba en reposo y a temperatura ambiente, gran parte de sus agentes contaminantes se concentraban en la superficie del baño por lo que se propuso el implementar un proceso de desnatado, con el fin de eliminar estos contaminantes.

Para implementar este proceso de desnatado se optó por la adquisición de un equipo de tecnología estadounidense de la marca Oil Skimmer Inc., específicamente el desnatador modelo 5H, el cual es muy compacto, robusto y asequible. Se optó por este sistema ya que era de fácil instalación, no necesitaba de una modificación de la estructura de la tina de desengrase, solo era necesario adquirir el equipo y con personal propio del área de mantenimiento se pudo acoplar en la parte posterior y superior de la tina que contenía el baño desengrasante, en una sección de la tina que no se solía usar como área de trabajo según muestra la Figura 18.

El desnatador se colocó a una altura aproximada de 100 cm. desde la base de la tina, permitiendo una fácil operación de limpieza y mantenimiento, además se hizo pensado en la facilidad del cambio de repuestos como la adquisición del tubo colector de grasas que se muestra en el Anexo 5.



**Figura 18**

*Desnatador modelo 5 H de la marca estadounidense Oil Skimmer Inc.*





Para un correcto desnate, el baño debía estar en reposo y a temperatura ambiente, es así que el desnatador era encendido por personal de producción o de mantenimiento pasado cuatro horas de haber terminado la operación de desengrase y este se dejaba operando durante las horas de no producción del baño desengrasante.

El desnatador realizaba la separación de la grasa flotante del baño mediante un tubo colector ubicado sobre la superficie del baño de desengrase, el cual funcionaba como un anillo flotante impulsando por un motor, la grasa se adhería en la parte externa del tubo colector el cual estaba hecho de un material capaz de absorber grasa del medio, estas grasas flotantes una vez adheridas al tubo son arrastradas mediante el motor en forma de un circuito cerrado hasta unas poleas donde la grasa adherida es escurrida, luego esta grasa escurrida se dejaba caer en un contenedor receptor previamente colocado en la parte inferior de la tina y que es de fácil retiro para el vaciado de la grasa eliminada del baño.

La cantidad de grasa y residuos aceitosos suspendidos que lograba remover este sistema era en promedio de 19 litros, esto en las 8 horas de operación del sistema desnatador. Estos residuos peligrosos se acumulaban en un contenedor especial para este tipo de residuos, posteriormente este se gestionaba con una empresa encargada de gestión de residuos para su confinamiento en un relleno de seguridad.

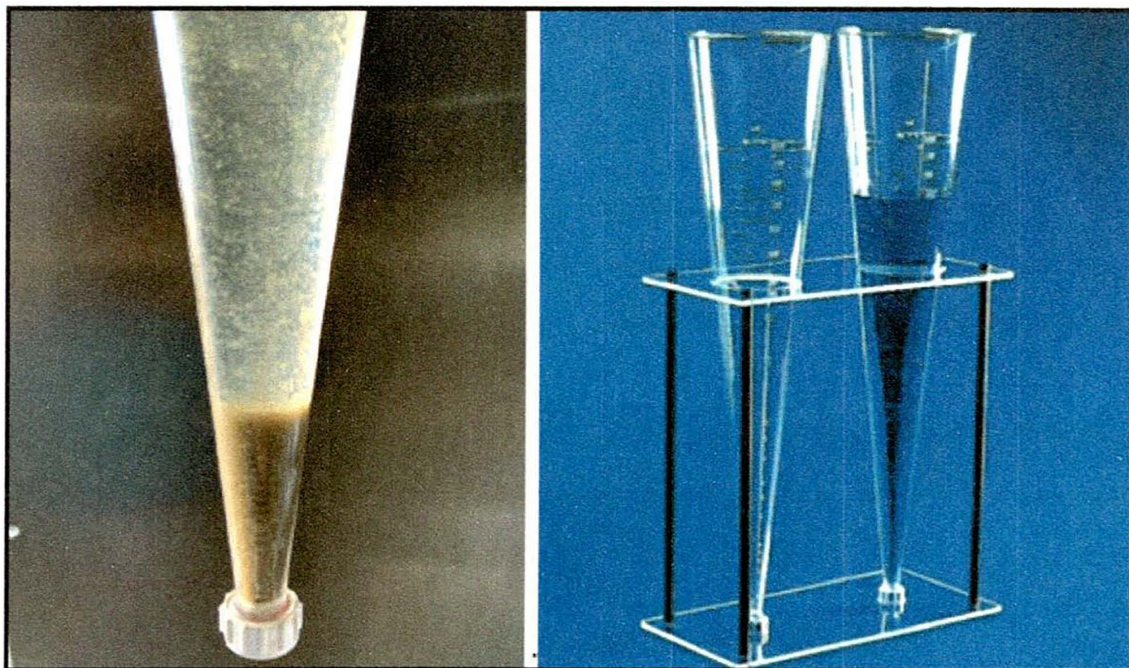
- ii. Para la reducción de los volúmenes de residuos peligrosos provenientes de la etapa de fosfatizado se planteó una estrategia basada en dos etapas.

Una primera etapa apuntaba a reducir los lodos desde su fuente, esto implicaba el implementar un sistema de trabajo que permitiera tener una menor generación de lodos en función a las horas de trabajo y de la cantidad de área tratada. Para ello se comenzaba midiendo la concentración de lodos en el baño de fosfato en el tiempo. Esto se pudo realizar mediante un ensayo de sólidos sedimentables desarrollados por el equipo de fábrica, en la que en la que se extraían muestras de 1000 ml (1 l) del baño desde la zona del retorno, es decir después que el baño había entrado en contacto con la superficie del acero. Se tomo este punto de muestreo, debido a que el baño antes de desplazarse a la zona de succión de la bomba de recirculación, pasa por un sistema de mallas que filtraban parte de los sólidos sedimentables, lo que puede dar un resultado incorrecto de la cantidad de lodos a formarse.

Luego de extraída la muestra, esta se colocaba en un cono Imhoff y se registraba la cantidad de sólidos sedimentados en el lapso de una hora, teniéndose un valor de sedimentación expresado en unidades de ml/h/l (mililitros por hora de lodo sedimentado para un litro de muestra) según muestra la Figura 19.

**Figura 19**

*Conos Imhoff*



Cabe mencionar que los lodos que se forman en un proceso de fosfatizado son del tipo férrico, esto debido al ataque del ácido fosfórico sobre la chapa metálica, pero esta reacción se puede ver incrementada por el uso de un acelerador en el baño de fosfatizado, ya que este es un químico que permite reducir el tiempo de formación de microcristales de fosfato de zinc sobre la chapa, pero el uso excesivo de este acelerador puede ser perjudicial para el proceso ya que puede generar una excesiva formación de lodos, por ello se optó por analizar la influencia de la concentración del acelerador en la formación de lodos en nuestro proceso.

En estas muestras se pudo observar que a medida que se incrementaba la concentración del acelerador en el baño fosfatizante, la cantidad de lodos sedimentados en el tiempo era mayor independientemente de la cantidad de área fosfatizada. En base a estos resultados se optó por controlar de una mejor manera la concentración del acelerador en el baño fosfatizante, para lo cual se implementó un

sistema de reajuste del acelerador mediante el uso de una bomba dosificadora, la cual succionaba el insumo químico (acelerador) desde su contenedor y lo descargaba hacia la tina del baño fosfatizante a un caudal constante y determinado previamente mediante el método de prueba y error.

La mejora lograda en la forma de dosificación del químico acelerador, luego se extrapolo a los insumos químicos en la etapa de desengrase, etapa de fosfatizado (solución fosfatizante) y etapa de sellado/pasivado según se muestra en la Figura 20. Además, este sistema de dosificación permitió mantener niveles de concentración de los insumos químicos más estables durante el desarrollo del proceso de tratamiento superficial

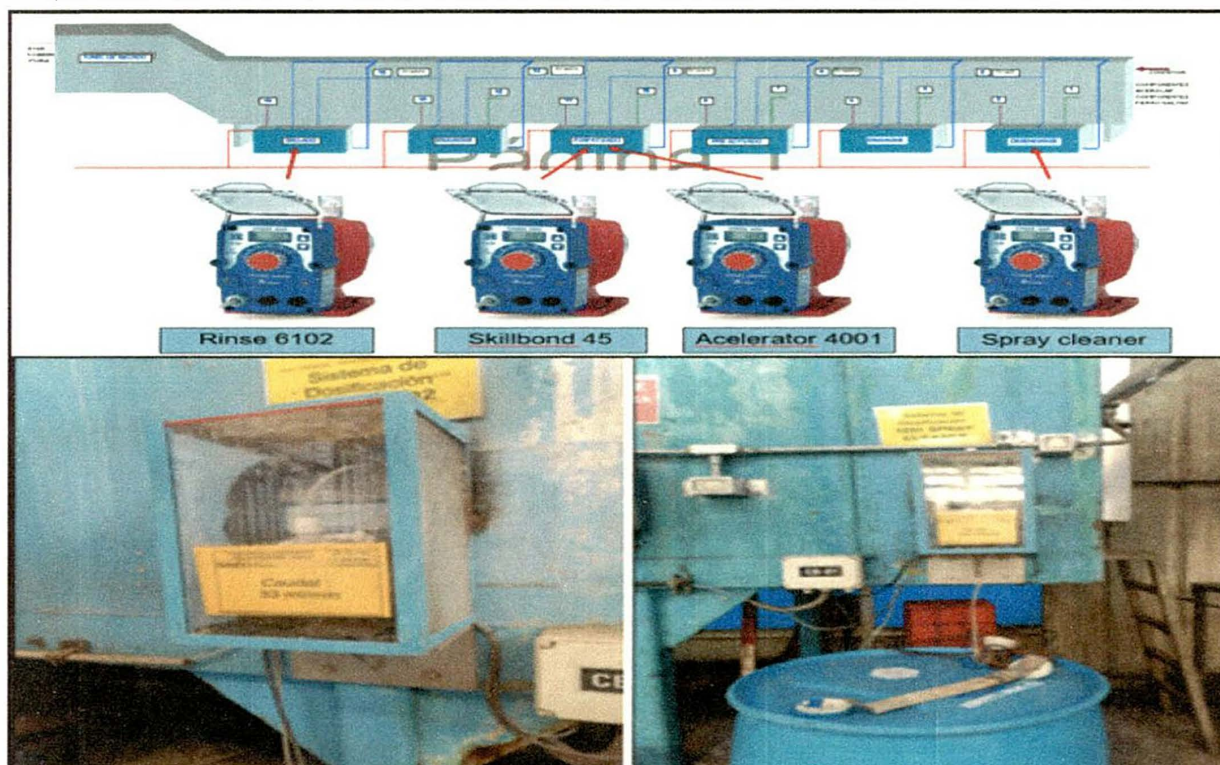
Para ambas formas de trabajo, la manera manual de carga de químicos como la dosificación automática, se realizaba un análisis químico cuantitativo del tipo valoración ácido base de los baños, siguiendo a un plan de control del sistema de tratamiento superficial.

Este control nos permitía saber cuán estábamos ajustados a los valores de concentración y demás parámetros críticos definidos para cada uno de los procesos y con ello asegurar la calidad del fosfatizado en la chapa metálica.



**Figura 20**

*Esquema de bombas dosificadoras en un sistema de tratamiento superficial.*



Fuente: BSH Electrodomésticos S.A.C. Fabrica Callao

La segunda etapa de la estrategia para la reducción de lodos de fosfato apunta a los lodos descargados, para ello se propuso realizar un tratamiento primario de separación buscando con ello el dejar como residuos peligrosos, solamente los lodos sedimentables.

Para esto, primero se dejaba sedimentar el baño en su propia tina de trabajo, el cual debería estar en reposo y sin calentamiento por un tiempo mínimo de 24 horas, luego mediante un sistema de bombeo como se muestra en la Figura 21, se trasvasaba la parte superior del baño que era la fase clarificada hacia un contenedor provisional y el lodo depositado en el fondo de la tina se removía agregando agua fresca.

**Figura 21**

*Bomba para trasvase de lodos de fosfato al tanque troncocónico.*



Fuente: BSH Electrodomésticos S.A.C.

Luego y haciendo uso de esta misma bomba de trasvase se llevaba el lodo fluidizado hacia un decantador que consistía en un depósito de forma troncocónica de 2000 litros de capacidad ubicado a una altura de 1.5 metros desde el piso de forma similar al como se muestra en la Figura 22.



**Figura 22**

*Tanque troncocónico para separación de fases de lodos de fosfatizado.*



En este decantador troncocónico, tanto los lodos de fosfatizado con el agua de proceso y el agua aplicada para darle una mejor fluidez al lodo durante el bombeo, se dejaban en reposo por un periodo de 48 horas, tiempo suficiente para lograr una marcada separación de la fase sedimentada (lodos férricos) y la fase suspendida o fase líquida clarificada, todo este proceso se realizaba a condiciones de temperatura ambiente y sin el uso de ningún aditivo coagulante.

Pasado el tiempo de sedimentación, se colocaban unas bandejas metálicas en la parte inferior del decantador y se abría la llave de purga para retirar los lodos de forma gradual, haciendo un cambio constante de las bandejas debido a la capacidad de las mismas que eran de aproximadamente 25 kg de lodos por bandeja.

Una vez evacuada toda la fase sedimentada, se remplazaban las bandejas metálicas por un contenedor plástico tipo IBC (Intermediate Bulk Container) y es así que por la misma salida de purga ahora se comenzaba a descargar la fase clarificada, la cual luego era llevada hacia la tina de fosfatizado para retomar al baño fosfatizante y de esta forma reutilizar el agua de proceso.

Los lodos retirados en las bandejas metálicas eran trasladados para pasar por un proceso de secado. La cantidad de lodos total descargados era en promedio de 900 kilogramos por cada ciclo de vaciado, lo que generaba un total de 36 bandejas que pasaban por el proceso de secado. Para ello aprovechábamos el calor de un horno de incinerado como se muestra en Figura 23, utilizado para la remoción de la pintura acumulada en los ganchos de colgado de piezas pintadas y que forma parte del proceso de mantenimiento de los ganchos de colgado de componentes a pintar.

Este horno de incinerado trabajaba a una temperatura de 480 °C mediante un sistema de ciclos intermitentes de encendido y apagado de sus 2 quemadores en alternancia con un sistema de aspersores que fracturaban la pintura quemada y adherida a los ganchos de colgado. El sistema de incinerado funcionaba por un periodo de 4 horas bajo un sistema de lotes, es decir se deja una carga de ganchos una vez finalizado el turno de trabajo y se encendía el horno el cual está programado para apagarse de forma automática después de 4 horas de trabajo.



**Figura 23**

*Horno de incineración de pintura de los ganchos de colgado.*



Fuente: BSH Electrodomésticos S.A.C. Fabrica Callao

El calor generado por este horno era aprovechado para el proceso de secado de los lodos, los cuales se encontraban dispuestos en un sistema de 6 bandejas por cada lote o carga del horno, esto debido a la capacidad en cuanto espacio en el interior del horno. Con este sistema logramos terminar el proceso de secado de todo el lodo separado por cada descarga en un periodo de 3 semanas ya que el proceso de incinerado de pintura en los ganchos se realizaba con una frecuencia de 2 veces por semana.

Luego del proceso de secado, se procedía con el pesaje de la carga ya seca y por medio de diferencia del peso de la carga inicial se calculaba la pérdida de peso por secado obteniéndose aproximadamente 240 kg de pérdida de humedad, lo que representaba un 26.6 % del peso inicial que ahora debido a su nueva condición, eran gestionados como un residuo sólido peligroso con un peso inferior a la descarga inicial y además se eliminaba la necesidad de gestionar el servicio de succión, el cual era un servicio con un costo adicional al transporte y disposición, ya que el traslado de estos residuos sólidos se realizaban solo en vehículos acondicionados para este tipo de transporte de material.

Con este proceso de secado se buscaba reducir el tonelaje de residuos peligrosos en forma de efluentes y convertirlos a residuos sólidos conformados por los lodos ya deshidratados, el cual como mencionamos, por sus características tenía una gestión más rápida y de menor costo para el proceso según la Figura 24.



**Figura 24**

*Lodos de fosfato deshidratados en el horno de incinerado.*



Fuente: BSH Electrodomésticos S.A.C.

- iii. Para la reducción del consumo de agua, se trabajó de manera diferente para cada uno de los 6 diferentes baños del sistema de tratamiento superficial, teniéndose las siguientes estrategias:
  - Para el baño de desengrase, el ahorro se dio por la implementación del proceso de desnatado además de ayudar a reducir la cantidad de efluentes peligrosos generados en esta etapa.
  - Para el proceso de fosfatizado, el retorno del agua clarificada obtenida en la separación primaria redujo el gasto del agua de proceso, además con el trabajo realizado sobre el control en la dosificación del acelerador se buscó prolongar el periodo de renovación del baño por acumulación de lodos sedimentados, es así que con ambas acciones de mejora se logró una reducción significativa en el consumo de agua para la etapa de fosfatizado.

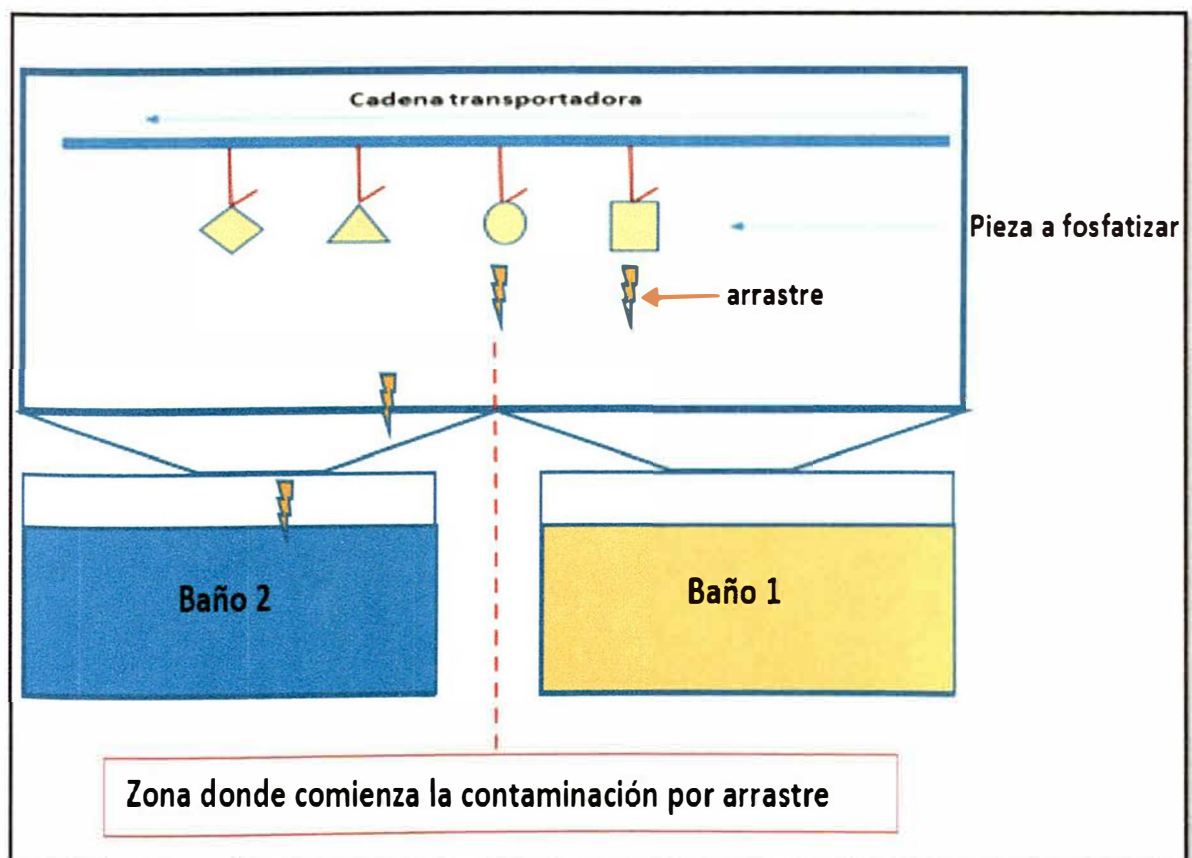


- Para las etapas de los enjuagues de desengrase y enjuague de fosfatizado, se hizo en ambos casos un tratamiento similar debido a que son 2 etapas con funciones muy parecidas, por ende, ambos tenían periodos de recambio de 2 veces por semana (cada 3 días de trabajo) debido a que se contaminaban con sus baños precedentes, es decir el enjuague de desengrase se alcalinizaba con el baño de desengrase y el enjuague de fosfato se acidificaba. Por ello se analizó el porqué de esta contaminación, encontrándose como causa principal el arrastre del baño remanente, esto debido a la geometría de los componentes sometidos al tratamiento, la velocidad con que estos se desplazan y el diseño de la parte interior del piso del túnel de tratamiento superficial, lo que no permitía el suficiente escurrido para el retorno del baño impregnado en la superficie del material hacia sus baños originales.

Para comprender el problema en la Figura 25 mostramos un esquema de la geometría interna del túnel y el paso del material a fosfatizar entre dos baños consecutivos.

**Figura 25**

*Esquema de la estructura interna del túnel de fosfatizado antes de la mejora.*

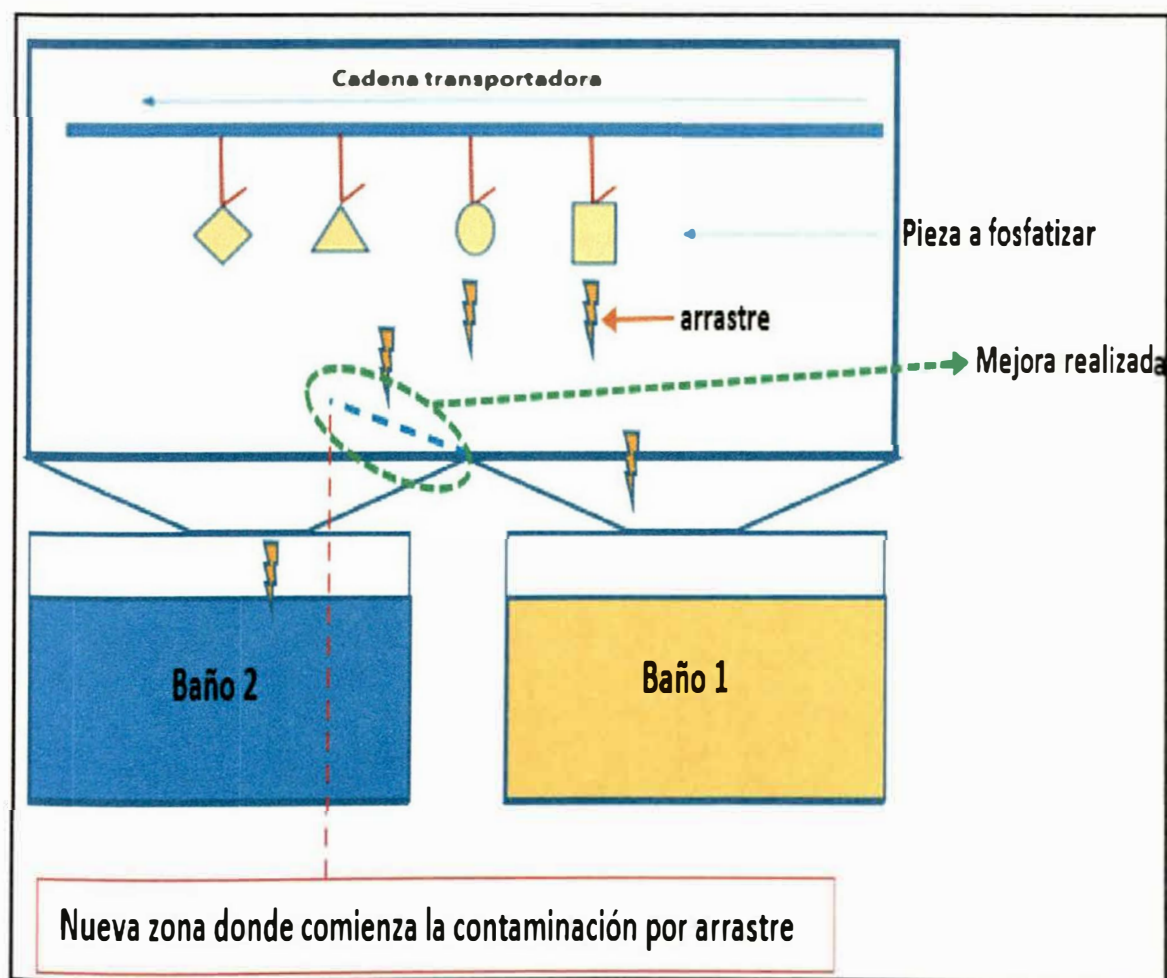


En base a este análisis se pudo medir el caudal de arrastre entre las tinas de desengrase y el enjuague de desengrase y el arrastre entre la tina de fosfato y su respectivo enjuague, encontrándose en ambos casos un arrastre aproximado de 80 l/h lo que dejaba un total de 640 litros de volumen arrastrado desde un baño al otro en un turno de trabajo de 8 horas, volumen suficiente para contaminar cada uno de los enjuagues y tener que renovar el baño a razón de 2 veces por semana.

Para corregir este problema se hizo una extensión en la estructura interna del túnel prolongando la base en forma de embudo que retorna el baño a la tina contaminantes unos 80 cm. más de modo que la cantidad de arrastre a la tina contaminada sea menor tal como muestra la Figura 26. Con esto se logró reducir el arrastre a un caudal aproximado de 20 l/h considerando en ambos escenarios los diferentes tipos de geometrías de los componentes que pasan por el proceso de fosfatizado (áreas más grandes y de geometría más compleja generan un mayor arrastre).

**Figura 26**

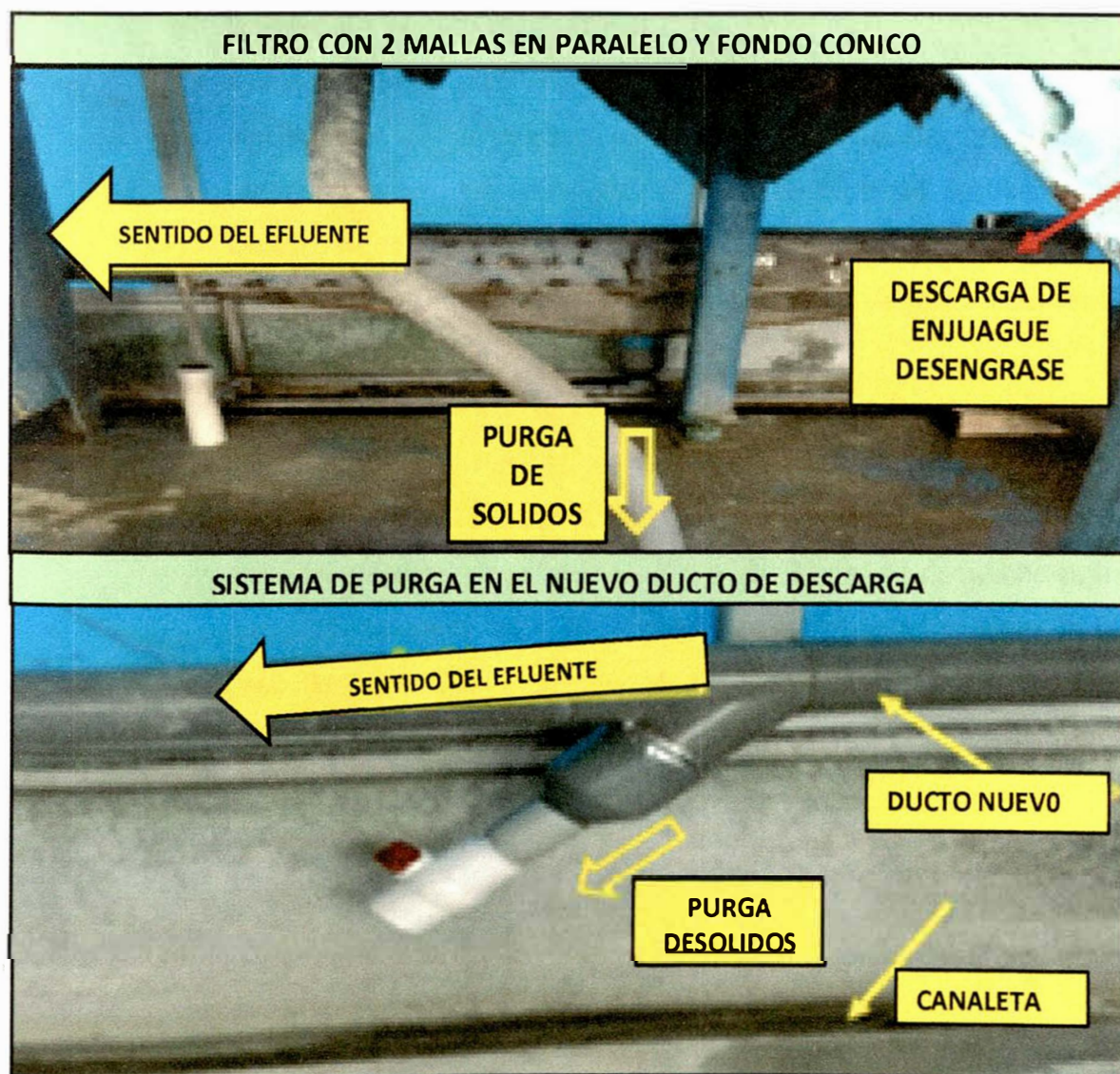
*Esquema de la estructura interna del túnel de fosfatizado después la mejora.*



Adicionalmente se mejoró la calidad de los efluentes provenientes de la descarga de los enjuagues de desengrase y fosfatado llevándolos por una línea independiente como muestra la Figura 27. De esta manera, estos efluentes ya no seguían el mismo recorrido que los efluentes de desengrase que iban por una canaleta cimentada, de esta forma estos efluentes se descargaban directamente a la red sin sufrir contaminación y cumpliendo con los valores máximos admisibles establecidos en el DS-2009-021-Vivienda.

**Figura 27**

*Ducto de descarga de efluentes de los enjuagues de desengrase y fosfatizado.*



Fuente: Sistema de purgas Electroandina Industrial S.A.C.



**iv.** Para la reducción del consumo de energía, se propuso dos estrategias que principalmente apuntaron a reducir los tiempos de consumo:

- Como primera estrategia, se buscó reducir el número de horas de funcionamiento de los equipos consumidores de energía, por ello mediante una mejora en la planificación del trabajo, se logró cambiar de un sistema de turnos no continuos es decir con un tiempo de parada de operación entre ellos, a un sistema de horario continuo, esto con la finalidad de no tener que hacer un doble encendido de los equipos en un mismo día de trabajo y con ello consumir una mayor cantidad de energía en las etapas de calentamiento de los equipos de la línea de tratamiento superficial y pintado electrostático.
- Como segunda estrategia se planteó implementar un encendido sincronizado de los equipos del sistema de tratamiento superficial y pintado electrostático, para ello se tuvo que hacer un análisis de los tiempos de calentamiento de cada uno de los equipos y en base a los tiempos de llegada de los materiales se estableció el tiempo y la secuencia de encendido.

Estos tiempos de calentamiento si bien presentaban cierta variabilidad debido a factores climáticos, de operación, entre otros, esto no era significativa y los mismos solo se actualizaban si se tenía condiciones como temperatura y humedad del ambiente, formación de caliche en los intercambiadores de calor de las tinas de calentamiento, cambios en los parámetros de operación del horno de polimerizado o túnel de secado, ente otros.

### 3.4.2 Cálculos y determinaciones de indicadores de gestión para evaluar y monitorear la propuesta

- Cálculo de la reducción de lodos de la etapa de desengrase.

Con la implementación del desnatador y con ello el retiro de aceites y grasas, el tiempo de saturación del baño desengrasante se extendió de 8 semanas a 11 semanas lo que nos dejó una reducción de lodos por año (contiene 52 semanas) según:

Sin la mejora

$$52 \frac{\text{semanas}}{\text{año}} \times \frac{1 \text{ descarga}}{8 \text{ semanas}} = 6.5 \frac{\text{descargas}}{\text{año}}$$

Con la mejora

$$52 \frac{\text{semanas}}{\text{año}} \times \frac{1 \text{ descarga}}{11 \text{ semanas}} = 4.7 \frac{\text{descargas}}{\text{año}}$$

Diferencia

$$6.5 \frac{\text{descargas}}{\text{año}} - 4.7 \frac{\text{descargas}}{\text{año}} = 1.8 \frac{\text{descargas}}{\text{año}}$$

Con un total de lodos de 6.5 t en promedio por cada descarga, esto según la capacidad de la tina del baño desengrasante, se tiene una reducción de:

$$1.8 \frac{\text{descargas}}{\text{año}} \times 6.5 \frac{\text{t}}{\text{descarga}} = 11.7 \frac{\text{t}}{\text{año}}$$

Es decir, son **11.7 toneladas** menos de lodos de desengrase por efecto de la operación de desnatado y que impactan positivamente al medioambiente.



- Cálculo de la reducción de lodos de la etapa de fosfatizado.

La primera reducción se dio con la mejora en el control del dosificado del acelerador y con ello la reducción en la velocidad de formación de lodos según:

Sin la mejora

$$52 \frac{\text{semanas}}{\text{año}} \times \frac{1 \text{ descarga}}{4 \text{ semanas}} \times 6.5 \frac{t}{\text{descarga}} = 84.5 \frac{t}{\text{año}}$$

Con la mejora

$$52 \frac{\text{semanas}}{\text{año}} \times \frac{1 \text{ descarga}}{6 \text{ semanas}} \times 6.5 \frac{t}{\text{descarga}} = 56.3 \frac{t}{\text{año}}$$

Diferencia

$$84.5 \frac{t}{\text{año}} - 56.3 \frac{t}{\text{año}} = 28.2 \frac{t}{\text{año}}$$

La segunda reducción es con el agua clarificada del sedimentador que retorna al proceso

$$8.6 \frac{\text{descargas}}{\text{año}} \times 1 \frac{t \text{ de agua recuperada}}{\text{descarga}} = 8.6 \frac{t}{\text{año}}$$

La tercera reducción de lodos es por la pérdida de peso debido al secado de los mismos, el cual fue de 240 kg/descarga, con un total de 8.6 descargas/año, ya con la mejora, se logra reducir el peso por secado en:

$$240 \frac{\text{Kg por secado}}{\text{descarga}} \times 0.001 \frac{t}{\text{año}} \times 8.6 \frac{\text{descargas}}{\text{año}} \cong 2 \frac{t}{\text{año}}$$

En total se tuvo una reducción acumulada de lodos de fosfato:

$$28.2 \frac{t}{\text{año}} + 8.6 \frac{t}{\text{año}} + 2 \frac{t}{\text{año}} = 38.8 \frac{t}{\text{año}}$$

Con esto, la nueva descarga de lodos paso a ser:

$$84.5 \frac{t}{\text{año}} - 38.8 \frac{t}{\text{año}} = 45.7 \frac{t}{\text{año}} \Leftrightarrow 45.9 \% \text{ menor}$$

➤ Cálculo de la reducción del consumo de agua de proceso

En la etapa de desengrase la cantidad de agua ahorrada es la misma que la reducción de residuos, es decir **11.7 t/año**.

En la etapa de fosfatizado, la cantidad de agua ahorrada se dio por la reducción de lodos ya que aproximadamente el 50% era agua, es decir:

$$\frac{50}{100} \times 28.2 \frac{t}{año} = 14.1 \frac{t \text{ de agua ahorrada}}{año}$$

más el agua de retorno en cada descarga del tanque sedimentador, es decir:

$$8.6 \frac{\text{descargas}}{año} \times 1 \frac{t \text{ de agua ahorrada}}{\text{descarga}} = 8.6 \frac{t \text{ de agua ahorrada}}{año}$$

Estas dos formas de ahorro dan un total de  $14.1 + 8.6 = \mathbf{22.7 \text{ t/año}}$  de ahorro de agua en la etapa de fosfatizado.

En las etapas de los 2 enjuagues, el ahorro se dio por la reducción de la frecuencia de descargas, pasando de 2 descargas/semana a 1 descarga/semana, con un promedio de 5.5 t/descarga por cada enjuague, se tiene:

$$\begin{aligned} 52 \frac{\text{semanas}}{año} \times 2 \frac{\text{descargas}}{\text{semana}} &= 104 \frac{\text{descargas}}{año} \\ 52 \frac{\text{semanas}}{año} \times 1 \frac{\text{descargas}}{\text{semana}} &= 52 \frac{\text{descargas}}{año} \end{aligned}$$

Se tiene una reducción de:

$$\left( 104 \frac{\text{descargas}}{año} - 52 \frac{\text{descargas}}{año} \right) \times 5.5 \frac{t}{\text{descarga}} \times 2 = 572 \frac{t}{año}$$

Con estas mejoras el total de agua ahorrado en todas las etapas fue de:

$$11.7 + 22.7 + 572 = \mathbf{606 \text{ t/año}}$$

- Cálculo del peso de mezcla aceitosa removida por el desnatador en cada recambio del baño desengrasante.

Primero comenzamos midiendo el peso removido en un tiempo determinado y luego lo escalamos al tiempo de operación del equipo, para ello cronometramos a un minuto y medimos en una jarra graduada el volumen removido en ese tiempo, dando como resultado los valores mostrados en la tabla número 5.

**Tabla 5**

*Pruebas experimentales de volúmenes de desnatado.*

Prueba	Volumen recogido (ml)	Tiempo (min)	Flujo desnatado (ml/min)
1	42	1	42
2	39	1	39
3	38	1	38
<b>Promedio:</b>			<b>39.6</b>

Escalando este resultado para un tiempo de trabajo del desnatador de 8 horas por día:

$$39.6 \frac{ml}{min} \times 8 \frac{h}{1000 ml} \times \frac{60 min}{h} \sim 19 \frac{l}{di a}$$

Con este caudal promedio de descarga de 19 l/día y una frecuencia de desnate de 3 días/semana (según programa de producción) se calcula la cantidad removida por semana de la mezcla aceitosa suspendida, según:

$$19 \frac{l}{dia} \times 3 \frac{dias}{semana} = 57 \frac{l}{semana}$$

Considerando que, con las mejoras, ahora el baño desengrasante se renueva cada 12 semanas, tenemos un total de mezcla aceitosa removida por el desnatador en cada ciclo de descarga de:

$$57 \frac{l}{semana} \times 12 \text{ semanas} = 684 l$$

Con una densidad medida de la mezcla aceitosa de forma experimental considerando el peso en una balanza de laboratorio de 1000 g de capacidad y una muestra de 1000 ml  $\Leftrightarrow$  1 l medidos en un vaso de precipitado de la misma capacidad se obtuvo una razón de peso volumen de 928 g/l. Todo esto con la muestra aceitosa a la temperatura ambiente.

Con esto calculamos el peso de la mezcla aceitosa removida en un periodo de 12 semanas según:

$$684 l \times 928 \frac{g}{l} \times \frac{1 kg}{1000 g} = 634.8 kg$$

Esta es la cantidad de mezcla aceitosa removida en cada periodo de cambio del baño.

- Cálculo de la cantidad de la concentración de aceites y grasas en el baño durante su descarga.

El parámetro establecido para el cambio del baño de desengrase era la concentración de aceites y grasas (AYG) cuyo valor máximo admisible era de 5000 ppm ya que, por encima de este valor, el baño no lograba limpiar eficientemente el acero a fosfatizar afectando luego la adherencia de la pintura.

Con el periodo de recambio del baño de desengrase de 12 semanas, se calculó la cantidad de AYG presentes en el baño en su descarga como un afluente peligroso.

Concentración de AYG a la descarga = 5000 ppm  $\Leftrightarrow$  5000 mg/l

Para un volumen de baño desengrasante a cambiar de 6500 l de capacidad, entonces:

$$5000 \frac{mg}{l} \times 10^{-6} \frac{kg}{m} \times 6500 l = 32.5 kg$$

- Cálculo del tiempo para el secado de los lodos sedimentados.

La cantidad de lodos precipitados para un baño de 6 semanas es aproximadamente 900 kg, los cuales para su descarga y posterior secado se distribuyen en bandejas metálicas de 25 kg aproximadamente cada una, teniéndose:

Total, de bandejas con lodos:

$$\frac{900 \text{ kg de lodos}}{25 \text{ kg de lodo por bandeja}} = 36 \text{ bandejas}$$

Debido a la capacidad del horno de incinerado, la cantidad de bandejas por día de secado es de 6 unidades, por lo que para poder secar la totalidad de 36 bandejas necesitamos:

$$\frac{36 \text{ bandejas}}{6 \text{ bandejas/día}} = 3 \text{ días de operación}$$

Considerando que el horno de incinerado trabaja a razón de 2 días por semana, se tiene un tiempo de secado de:

$$\frac{6 \text{ días}}{2 \text{ días/semana}} = 3 \text{ semanas}$$

Es el total de tiempo en que termina de secarse los lodos descargados del tanque troncocónico.



### 3.4.3 Análisis e interpretación de resultados y aportes técnicos de la actividad

Todo el conjunto de técnicas implementadas en los diferentes procesos, así como los métodos de trabajo desarrollados trajeron muchos aportes a la organización:

- Con la implementación del sistema de separación de aceites y grasas mediante el sistema de desnatado logramos prolongar el tiempo de vida del baño de desengrase, el cual antes de la mejora tenía un promedio de duración de 8 semanas y luego de la mejora paso a durar un promedio 11 semanas, en ambos casos trabajando el mismo número de horas por semana y desengrasando similares cantidades de área de chapa metálica, con esta extensión en el tiempo de duración del baño, se logró una reducción de lodos de desengrase en 11.7 t/año para una producción promedio de 860 cocinas diarias con un estándar de 6 componentes pintados por cocina.
- Para el proceso de fosfatizado, la reducción de residuos peligrosos debido a las 3 mejoras aplicadas tanto en la etapa de generación de los lodos de fosfato como el tratamiento de separación y posterior secado de los lodos ya formados lográndose pasar de una descarga de residuos peligrosos de 84.5 t/año a 45.7 t/año, es decir un 46% menos de residuos peligrosos, disminuyendo el impacto en el medioambiente y generando un ahorro para la empresa por el costo en la gestión de los residuos.
- La estrategia utilizada para la reducción de los lodos de fosfatizado desde su propia formación, el cual implicaba el correcto conocimiento de los mecanismos de reacción que se desarrollaban en el proceso de fosfatizado, así como el método de experimentación y aprendizaje, hicieron posible que el equipo tenga un enfoque diferente de como atacar un problema y cuya idea de trabajo luego se pudo aplicar a otros procesos de fábrica diferentes al sistema de tratamiento superficial.
- El proceso de separación primaria de los efluentes del baño de fosfatizado mediante el uso del decantador troncocónico y de desarrollo propio, además del aprovechamiento de la energía calorífica como el caso del horno de incinerado para el uso en el proceso de secado de los lodos, ayudo a optimizar el uso de los recursos y reducir el impacto del proceso de fosfatizado en el medioambiente.

- Con la mejora hecha en la parte interna del túnel de fosfatizado para reducir el arrastre de los baños, se logró cambiar la frecuencia de renovación de ambos enjuagues pasando de una frecuencia de dos veces por semana a la de una vez por semana y generando con ello un ahorro mensual aproximado de 572 t/año de agua entre el enjuague de desengrase y el enjuague de fosfatizado.
- El retorno del agua recuperada en la separación primaria los lodos de fosfatizado lograron reducir el gasto del agua en cerca de 1000 l de agua por cada recambio del baño que representaba un ahorro de 8600 l/año de agua que retornaba al proceso. Además, con el mejor control en la dosificación del acelerador se logró prolongar el periodo de renovación del baño por acumulación de lodos sedimentados pasando de 4 semanas a 6 semanas de trabajo lo que genero un ahorro adicional de 28600 l/año del consumo de agua en este proceso, inclusive se logró reducir el consumo del insumo químico acelerante lo que genera una reducción de los costos de operación del proceso de fosfatizado.
- Las técnicas implementadas para prolongar el tiempo de vida de los baños, así como la correcta separación de los efluentes de acuerdo a la naturaleza de los mismos trajeron una reducción significativa del consumo de agua sumando un total de 606 t/año de agua de proceso.
- Con las dos estrategias implementadas para el uso de energía, se logró disminuir el consumo del gas licuado de petróleo (GLP) aproximadamente en un 40%, tanto en la etapa de producción como en la de preparación del horno. Además, la sincronización de los encendidos de los equipos de la línea de tratamiento superficial y pintura, logró reducir el consumo de energía eléctrica de los diferentes equipos superficial principalmente en motores y quemadores.

#### 3.4.4 Evaluaciones y decisiones tomadas

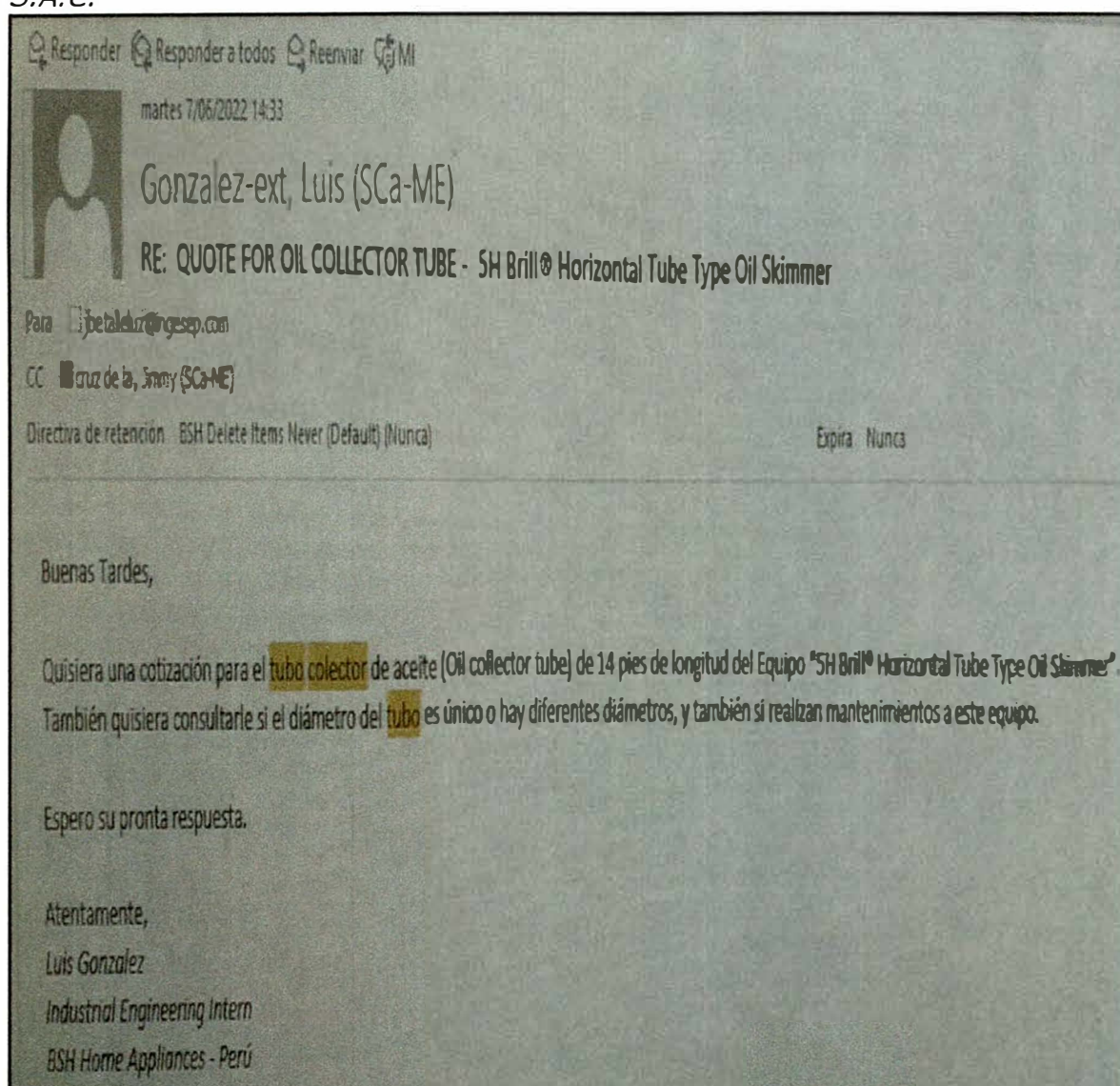
- Cabe mencionar que este proyecto de eliminación de grasas ya se venía evaluando desde los inicios de las operaciones, pero logró implementarse después de un año de propuesta la idea, además, que el proceso de adquisición, la instalación y los costos de mantenimiento del desnatador eran muy bajos, sirvieron para convencer a la alta dirección de llevar a cabo la compra del sistema Oil Skillmer.
- Para no generar un sobrecosto para la empresa, se trabajó con el proveedor de insumos químicos para que ellos adquirieran las 4 bombas dosificadoras y nos faciliten en calidad de préstamo, que en una primera etapa solo fue evaluada solo para la dosificación del acelerador en el baño de fosfatizado. Este beneficio se obtuvo debido a que el proveedor debido nos proveía todos los insumos químicos para el proceso de fosfatizado, de esta forma nosotros solo asumimos los costos de instalación además del mantenimiento de los mismos que incluso lo realizaba personal propio de fábrica.
- La adquisición del decantador troncocónico también se gestionó de manera muy rápida debido a la buena aceptación de la propuesta por la alta dirección, responsables con el medioambiente y consecuente con sus compromisos, se comprendió la necesidad de contar con un proceso capaz de reducir el volumen de residuos peligrosos provenientes de su proceso de tratamiento superficial además de traer beneficios a la productividad y calidad del proceso de desengrase químico.
- La propuesta del uso del horno de incinerado para el proceso de secado de los lodos de fosfato fue rápidamente aceptada e implementada ya que al demostrar que esto no generaba un consumo adicional de energía y por el contrario hacía más eficiente al horno en términos de aprovechamiento de la energía consumida ya que antes a la mejora el mismo consumo de energía se aprovechaba para el incinerado de la pintura acumulada en los ganchos y el resto se perdía hacia el entorno.

### 3.4.5 Informes de reportes, instructivos, fichas técnicas y formatos presentados como resultado de la actividad realizada.

Debido al tiempo transcurrido desde que desarrollamos las mejoras y que la información y conocimiento generado quedo en propiedad de Electroandina Industrial S.A.C., empresa que cerró sus operaciones el año 2016, muestro algunos correos de coordinación pertenecientes a la empresa BSH Electrodomésticos S.A.C. cuyos procesos de tratamiento superficial y pintura son muy similares a los desarrollados en Electroandina Industrial S.A.C al ser ambas organizaciones del mismo sector industrial y que muestro en las Figuras 28 y 29.

**Figura 28**

*Compra de repuestos para el desnatador Oil Skimmer en BSH Electrodomésticos S.A.C.*

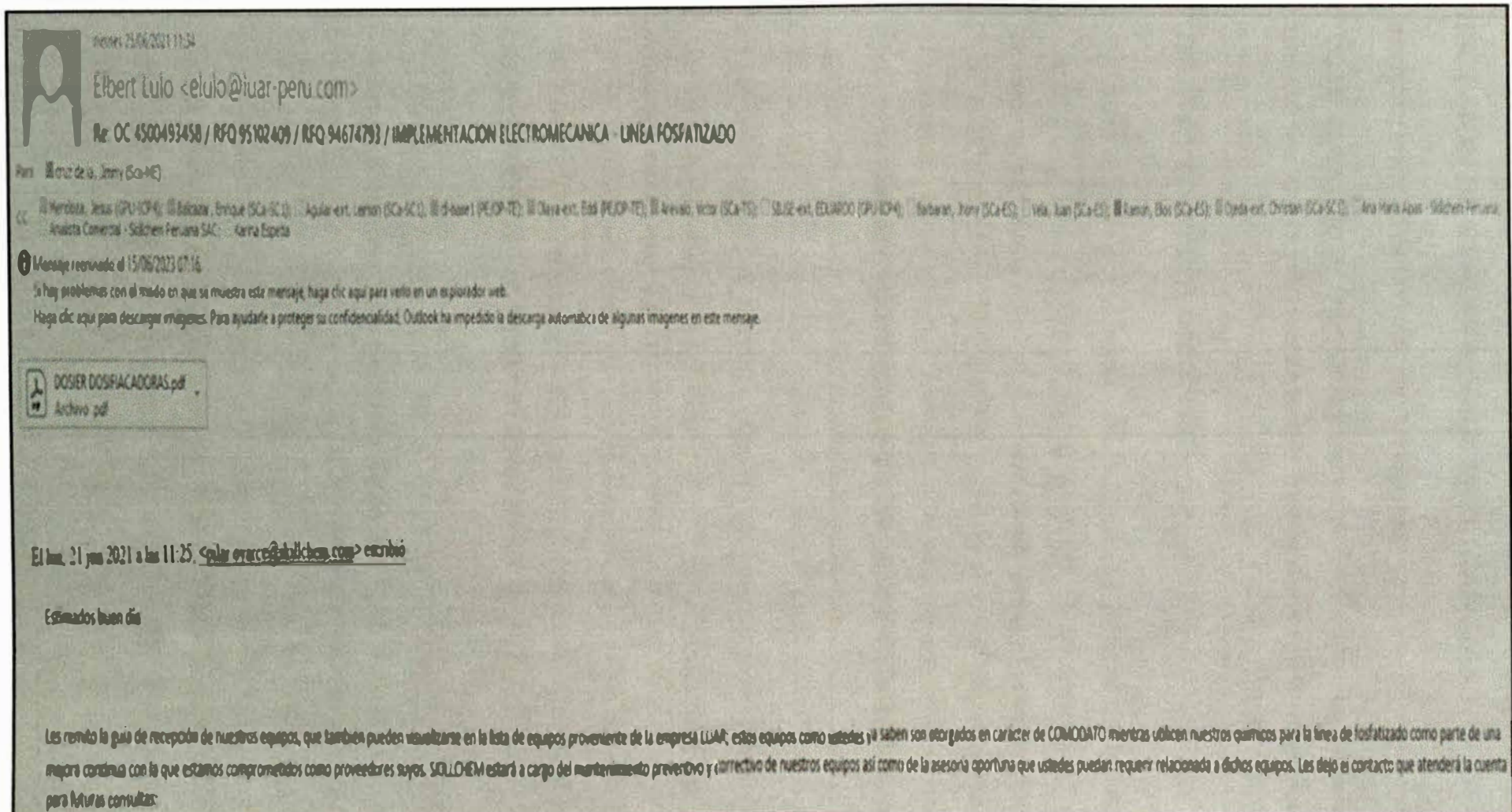


Fuente: BSH Electrodomésticas-Callao.



Figura 29

*Gestión de instalación de bombas dosificadoras en BSH Electrodomésticos S.A.C.*



Fuente: BSH Electrodomésticas-Callao



## **4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS E IMPLICANCIAS**

### **4.1 Contribuciones al desarrollo de la empresa**

El trabajo desarrollado en Electroandina Industrial S.A.C., sobre los procesos de tratamiento superficial y pintado electrostático trajeron muchos aportes significativos a la organización tanto en los aspectos técnicos como en la cultura de trabajo del equipo humano que participo de los mismos:

- Se logró mejorar el desempeño ambiental de los procesos de tratamiento superficial y pintado electrostático al disminuir el volumen de efluentes peligrosos, así como el consumo de recursos como el agua y la energía. Además, con estas mejoras se logró cambiar la perspectiva del grupo humano de Electroandina Industrial S.A.C. demostrando la posibilidad de poder desarrollar procesos sostenibles, responsables y sin que ello requiera la necesidad de realizar grandes inversiones o el uso de tecnología de vanguardia.
- El aprovechamiento de la energía calorífica del horno de incinerado utilizado para el secado de los lodos de fosfatizado puso en agenda la revisión de otros procesos que podrían aprovechar los recursos de manera similar, es así que pudimos aplicar este mismo principio en el secado de las piezas esmaltadas por inmersión aprovechando el calor remanente del horno de vitrificado como fuente complementaria a un secador que ya venía incluido como parte del equipo,
- La reducción del consumo de agua para el proceso de tratamiento superficial fue quizás la mejora más significativa debido a que se pudo evitar el consumo innecesario de un recurso tan escaso y si bien para el caso de Electroandina Industrial SAC, su fuente de abastecimiento era la capa freática a través de un pozo de bombeo, esto no eliminaba la responsabilidad que tenía la organización con el buen uso de los recursos naturales. Además, la reducción de consumo de agua trajo beneficios económicos al tener que gestionar menos tonelaje de residuos, así como la reducción de tiempos improductivos,

## 4.2 Impacto de la propuesta

Las mejoras implementadas en Electroandina Industrial S.A.C. tuvieron impacto no solo en la parte de los recursos o los factores de productividad, sino que además dejaron un modelo de trabajo que hizo que los líderes de otros procesos de la organización puedan revisar y redefinir sus métodos de trabajo. Además, que se logró demostrar las ventajas que daban el trabajo en equipo tanto con el personal operativo como responsables de áreas de soporte, por ello menciono alguno de los impactos positivos más significativos:

- Las mejoras realizadas permitieron definir nuevos estándares de trabajo y orientaron a los procesos a desarrollarse siempre bajo el enfoque de la mejora continua o metodología del PDCA, tanto en los aspectos de la calidad para mejorar los indicadores de scrap y rework, como en los indicadores del rendimiento al incrementar de la productividad del proceso de tratamiento superficial y pintado electrostático.
- El trabajo desarrollado en esta etapa de mi contribución como responsable de los procesos de tratamiento superficial y pintado electrostático en Electroandina Industrial S, A.C. incluso desde antes de la implementación de los círculos de superación ayudo a la organización al afianzamiento de los nuevos procesos de recubrimientos desarrollados en la planta de Lurín que incluso cubrimos el pintado de algunos componentes desarrollados en la casa matriz.
- La responsabilidad de la organización con el medio ambiente pudo verse demostrada en las mejoras realizadas y esto llevo a que la empresa lograra demostrar a los equipos de auditoría el compromiso que se tenía con los recursos y que estaba declarada además en la política establecida en el marco del sistema integrado de gestión.

## **5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **5.1 Conclusiones**

Las mejoras desarrolladas en Electroandina industrial S.A.C. tuvieron como objetivo el cumplimiento de los principios declarados en la cultura organizacional, es en esa dirección que se apuntó cuando se desarrollaron las propuestas de mejoras y es por ello que la alta dirección facilitó los recursos necesarios para su implementación y sostenimiento. Es así que las actividades realizadas para la reducción de los residuos peligrosos provenientes de los procesos de tratamiento superficial y pintado electrostático que involucraban la inversión en recursos como por ejemplo la adquisición de equipos para el desnate de las grasas en el baño desengrasante o la adquisición del sedimentador de lodos para la separación de los residuos del proceso de fosfatizado fueron gestionadas con la respectiva celeridad y de esta manera lograr también que el personal involucrado pueda verse alentado en trabajar en estas mejoras.

De esta forma junto al equipo de trabajo que participo en los diferentes proyectos de mejora, logramos demostrar que todo proceso es perfectible incluso desde etapas muy tempranas y que haciendo pequeñas mejoras basados en conocimientos técnicos y principios básicos de los procesos podemos tener sistemas de trabajo más seguros, menos contaminantes con el medio ambiente y mucho más productivos para la organización.

También es necesario mencionar la importancia de trabajar en conjunto con nuestros socios estratégicos, en este caso el proveedor de insumos químicos del sistema de tratamiento superficial quine nos dio el soporte necesario para la adquisición de las bombas dosificadoras cuya función favorecían nuestro proceso de fosfatizado al darle una mayor estabilidad en cuanto a su concentración y trajo beneficios en el cuidado del medio ambiente, además, a ellos como socios comerciales les favoreció al permitirles mantener vigente la relación comercial con la organización.

## 5.2 Recomendaciones

Si bien durante el tiempo que tuve bajo mi responsabilidad los procesos de tratamiento superficial se materializaron muchas ideas de mejoras a los procesos, otras quedaron solo en la etapa de propuesta que considero podrían servir para su investigación y desarrollo en futuros procesos:

- Realizar la caracterización del efluente retirado mediante el desnate del baño desengrasante, considerando que esta mezcla es rica en contenido de aceites y grasas y que en muchos procesos industriales este material se utiliza como una materia prima, por ello se podría pensar en la forma de gestionar su manejo ya no como un efluente, sino que según lo mencionado hasta podría tener un valor comercial.
- Para seguir mejorando el proceso de separación de aceites y grasas se pensó en desarrollar una tina de trabajo con un diseño de separación física de los componentes contaminantes no miscibles del baño desengrasante de forma adicional al sistema de desnate, como por ejemplo una trampa de grasas incorporada a la tina y que podrían hacer que el baño desengrasante tenga inclusive un mayor tiempo de vida.
- Evaluar el uso de los lodos deshidratados provenientes del proceso de fosfatizado ya que estos debido a su naturaleza suelen contener compuestos nitrogenados, fosfatos entre otros, los cuales pueden utilizarse en la fabricación de fertilizantes o como insumo en otros procesos, por lo que, de modo similar a lo pensado para el proceso de desengrase, estos lodos deshidratados o húmedos inclusive podrían ser comercializables dejando su condición de residuo peligroso.
- Continuar con el proceso de mejora continua para la reducción de efluentes de los procesos de enjuague de desengrase y enjuague de fosfatizado buscando una mayor eliminación del arrastre por ejemplo con la implementación de cortinas de aire que ayuden a retirar de manera más rápida los residuos de los baños de desengrase y fosfatizado, Otra propuesta apunta a una mayor inclinación de los componentes o incluso el considerar esta necesidad desde el mismo desarrollo del componente, pudiendo con esto poder extender aún más el tiempo de cambio de estos enjuagues.

## 6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Andrade Corral, S. I. (2017). Identificación del tipo de compromiso organizacional en los colaboradores de Indurama. *Identificación del tipo de compromiso organizacional en los colaboradores de Indurama*. Cuenca, Azuay, Ecuador: Universidad del Azuay. Obtido de <http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/7353>
- Guzman, R., Miranda, J., & Olivos, C. (2022). Plan estrategico para la unidad de negocios de la linea de cocinas Indurama de la empresa Electroandina Industrial S.A.C.Lima Peru 2022-2024. 162. Lima, Perú.
- Leon, M., & Lopez, A. (Octubre de 2020). Evaluacion de diferentes tratamientos fisicos y quimicos para reducir el contenido de humedad en los lodos provenientes de la PTAR de la industria envasadora de gas doméstico en Ecuador en la planta PIFO. 164. Quito, Ecuador.
- Lopez, S. (2008, Junio). Distribución del activador de Ti y su efecto en la formacion de los recubrimientos de fosfato. 115. Queretaro, Mexico.
- Milla-León, R. (2020). Desarrollos tecnológicos en el pretratamiento quimico de piezas de acero laminado para un posterior proceso de pintado en polvo electrostático. 28. Lima, Lima, Peru.
- Ocampo, D. (2009). Aplicación de estrategias de producción mas limpia en el proceso de fosfatizado en el sector metalmecanico : Suzuki motor de Colombia S.A. Pereira, Colombia.
- Rivas, M. (Octubre de 2022). Utilizacion del sistema SAP para la mejora en la gestion de inventarijs de la empresa Electroandina Industrial S.A.C. 40. Lima, Peru.
- Rodas, M., & Andrade, S. (2017). Identificación del tipo de compromiso organizacional en los colaboradores de Indurama. 46. Cuenca, Ecuador. Retrieved from <http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/7353>
- Rodriguez, J. C., & Conde, Y. (2017). Propuesta de implementacion de un sistema de tratamiento de aguas residuales del fosfatado de laminas de zinc, para la reduccion de los metales Niquel y Zinc en la planta de prepatinado en la empresa Industrias Electroquimicas S.A. Lima, Perú.



## **Anexos**

**Anexo 1:**

*Matriz de especificaciones y requerimientos para componentes pintados en la fabricación de cocinas en Electroandina Industrial S.A.C.*

ESPECIFICACION/ CARACTERISTICA	VALOR ESPERADO	UNIDAD DE MEDIDA	NORMA/ METODO
ESPESOR DE PELICULA	60 - 100	µm	ASTM D 7091?
COLOR INSTRUMENTAL (Coordenadas)	0 a 0.6	Adimensional	ASTM D 2244?
INDICE DE AMARILLENAMIENTO (Coordenadas)	Desde de -1 (azulado) a 1 (amarillo)	Adimensional	
BRILLO A 60°(°)	Color Gris 75 -100 Color Blanco 70 - 86 Color Metalizado 30-50	%	ISO 2813? - ASTM D 523?
ADHERENCIA EN CUADRICULA	6B	( 0% de area removida)	ISO 2409? - ASTM D 3359?
EMBUTIDO ESFERICO	No menor de 7	mm	
FLEXIBILIDAD DE MANDRIL CONICO 1/8"	como minimo 32%	%	ASTM D 622
IMPACTO DIRECTO INVERSO	80 A 160 (cero desprendimiento con 80 J de energia)	lb/in	ASTM 2794
PRUEBA DE NIEBLA SALINA (SOBRE LAF)	600	Hrs	
MEP - RESISTENCIA A LOS SOLVENTES	10	Ciclos	ASTM D 5402
DUREZA DE LAPIZ	H a 3H		ASTM D 3363

## Anexo 2:

*Certificado de prestación de servicio de succión de residuos peligrosos realizados en BSH Electrodomésticos S.A.C.*



**N° 1760 - 2022**

### **CERTIFICADO DE SERVICIO**

Mediante el presente documento, la Empresa PRAXIS ECOLOGY S.A.C., debidamente registrado ante el Ministerio del Ambiente (MINAM) con registro autoritativo EO-RS-0214-19-70101, certifica que se ha brindado la **PRESTACION DE SERVICIOS DE SUCCION DE RESIDUOS PELIGROSOS** a la empresa BSH ELECTRODOMÉSTICOS S.A.C., según el siguiente detalle:

ITEM	TIPO DE RESIDUOS	UND	CANTIDAD
1	Lodos de Fosfatizado	KG	8,370.00

*Este servicio se realizó el 27 de Septiembre del 2022, dentro de lo establecido en el DL N° 1278 de la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos y su Reglamento aprobado por el D.S. N° 014-2017 – MINAM.*

*Los residuos citados fueron retirados de sus instalaciones ubicadas en Av. Elmer Faucett N° 3551, Distrito Callao, Provincia del Callao y Departamento de Lima. Se indica que los citados residuos peligrosos fueron evacuados al Relleno de Seguridad "Huaycoloro", propiedad de la empresa PETRAMAS S.A.C., para su disposición final.*

*Se expide el presente documento a solicitud del interesado, para los fines que estime conveniente.*

Ate, 30 de Septiembre del 2022.

  
ERNESTO CESPEDER PULIDO  
ING. SANITARIO  
CIP-78736

01 576 4195  
955 464 186

areacament@praxisecology.com.pe  
www.praxisecology.com

Av. Acapulco N° 527  
Urb. Moravia Santa Cruz, Arequipa



### Anexo 3:

## Constancia de disposición de residuos peligrosos en BSH Electrodomésticos S.A.C.

	     										
<p>Constancia Nro: 18215449-22 Fecha de Emisión: 29.09.2022</p>											
<p><b>CONSTANCIA DE DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS PELIGROSOS</b></p>											
<p>PETRAMAS S.A.C., Empresa Operadora de Residuos Sólidos con Registro N° 0026-20-150716, otorgado por el Ministerio del Ambiente, deja constancia que la empresa:</p>											
<p><b>PRAXIS ECOLOGY S.A.C.</b></p>											
<p>Ha utilizado nuestro servicio de Disposición Final de los siguientes Residuos Industriales y Peligrosos de acuerdo al siguiente detalle:</p>											
<p>GENERADOR: BSH ELECTRODOMESTICOS SAC</p>											
<p>PROYECTO: CALLAO</p>											
<table border="1"><thead><tr><th>Nro. Boleta de Pesaje</th><th>Nombre de Residuo</th><th>M3</th><th>Peso (KG)</th><th>Fecha de Disposición</th></tr></thead><tbody><tr><td>1587243</td><td>LODOS DE FOSFATIZADOS</td><td>0.00</td><td>8,370</td><td>27.09.2022</td></tr></tbody></table>	Nro. Boleta de Pesaje	Nombre de Residuo	M3	Peso (KG)	Fecha de Disposición	1587243	LODOS DE FOSFATIZADOS	0.00	8,370	27.09.2022	
Nro. Boleta de Pesaje	Nombre de Residuo	M3	Peso (KG)	Fecha de Disposición							
1587243	LODOS DE FOSFATIZADOS	0.00	8,370	27.09.2022							
<p>Total Viajes: 1      Total Pesos: 0.00      8,370</p>											
<p>En nuestro Relleno de seguridad "Huaycoloro", ubicado en la Quebrada de Huaycoloro Km. 7 San Antonio - Huachichil, autorizado con Resolución Directorial N° 1888-2013/DIGESA/SA y N° 0104/2008/DIGESA/SA.</p>											
	<p><b>Petramás s.a.c.</b> LILIANA ELIZABET MUÑOZ PARIS Jefe de Comercial</p>										
<p>"En nuestro Relleno Sanitario generamos energía eléctrica a partir de los residuos sólidos contribuyendo a la reducción de gases de efecto invernadero"</p>											
<p>Av. Tomás Marsano 2813 Psio 8, Urb. Higuera / Santiago de Surco, Lima - Perú Teléfonos: (+511) 419-9300 / 419-9301 / 419-9302 / www.petramas.com / E-mail: comercial@petramas.com.pe</p>											

## Anexo 4:

### Especificaciones del tubo colector para el equipo desnatador de aceites y grasas.



12800 York Rd. Cleveland, OH 44133 USA  
Ph: +1 (440) 237-46000 | Fax: +1 (440) 582-2759  
info@oilskim.com | www.oilskim.com



## Collector Tube – High Temp- Super Specifications

### General Description

This Collector Tube is used by the Oil Skimmers Inc. Model 3H, Model 5H and Model 6V. It is specifically formulated with a Thermoplastic Rubber base to work in applications where the Oil Skimmers, Inc. Standard Collector Tube is not applicable

The Collector Tube is extruded as a  $\frac{1}{4}$ " OD x  $\frac{1}{8}$ " ID Tube. Once a correct length is determined the length is cut and the two ends are welded together forming one continuous length. This inside contains only air which enable the Collector Tube to float on the surface of the water. Oil adheres to the outside of the Collector Tube and is removed by the Oil Skimmer.

### Super Collector Tube Specifications

Description	Specification
Material	Special Formula with base product of
Operational Weight	2.3 kg per 10 meters in length
OD	$\frac{1}{4}$ Inch 19 mm
ID	$\frac{1}{8}$ " 12.7 mm
Length	Determined by application
Storage	Should be hung in untwisted condition
Color	Black



12800 York Rd. Cleveland, OH 44133 USA  
Ph: +1 (440) 237-46000 | Fax: +1 (440) 582-2759  
info@oilskim.com | www.oilskim.com





## Anexo 5

Valores máximos admisibles de parámetros en los efluentes según DS 021-2009

### Vivienda

PARAMETRO	UNIDAD	EXPRESIÓN	VMA PARA DESCARGAS
			AL SISTEMA DE ALCANTARILLADO
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg/L	DBO <sub>5</sub>	500
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	DQO	1000
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	S.S.T.	500
Aceites y grasas	mg/L	A y G	100

### Valores Máximos Admisibles (1)

PARAMETRO	UNIDAD	EXPRESIÓN	VMA PARA DESCARGAS
			AL SISTEMA DE ALCANTARILLADO
Aluminio	mg/L	Al	10
Arsénico	mg/L	As	0.5
Boro	mg/L	B	4
Cadmio	mg/L	Cd	0.2
Cianuro	mg/L	CN <sup>-</sup>	1
Cobre	mg/L	Cu	3
Cromo hexavalente	mg/L	Cr <sup>6</sup>	0.5
Cromo total	mg/L	Cr	10
Manganeso	mg/L	Mn	4
Mercurio	mg/L	Hg	0.02
Níquel	mg/L	Ni	4
Plomo	mg/L	Pb	0.5
Sulfatos	mg/L	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	500
Sulfuros	mg/L	S <sup>2-</sup>	5
Zinc	mg/L	Zn	10
Nitrógeno Amoniacal	mg/L	NH <sup>4</sup>	80
pH (2)	unidad	pH	6-9
Sólidos Sedimentables (2)	ML/h	S.S.	8.5
Temperatura(2)	°C	T	<35

Fuente: DS 2009-021 Vivienda