

**UNIVERSIDAD HISPANOAMERICANA**

**INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE  
BACHILLERATO EN LA CARRERA  
INGENIERÍA**

**ESTANDARIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO  
PREVENTIVO DE LAS MÁQUINAS DE  
ELECTROPOSICIÓN DEL DEPARTAMENTO DE  
PLATING DE LA EMPRESA SAMTEC PARA EL  
SEGUNDO CUATRIMESTRE DEL 2019**

**Estudiante: José David Quesada Arias**

**Tutor: Ing. Freddy Monge Calvo, MBA**

**Heredia, diciembre 2019**

**BIBLIOTECA UNIVERSIDAD HISPANOAMERICANA****CARTA DE AUTORIZACIÓN DE LOS AUTORES PARA LA CONSULTA, LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DE LOS TRABAJOS FINALES DE GRADUACIÓN**

San José, 29 de febrero 2020

Señores:  
Universidad  
Centro de Información Tecnológico (CENIT)

Estimados Señores:

El suscrito José David Quesada Arias con número de identificación 7-0171-0346 autor del trabajo de graduación titulado *ESTANDARIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE LAS MÁQUINAS DE ELECTROPOSICIÓN DEL DEPARTAMENTO DE PLATING DE LA EMPRESA SAMTEC PARA EL SEGUNDO CUATRIMESTRE DEL 2019*, como requisito para optar por el grado de BACHILLERATO EN LA CARRERA INGENIERÍA; Si autorizo a la Biblioteca de la Universidad Hispanoamericana para que con fines académicos, muestre a la comunidad universitaria la producción intelectual contenida en este documento.

De conformidad con lo establecido en la Ley sobre Derechos de Autor y Derechos Conexos N° 6683, Asamblea Legislativa de la República de Costa Rica.

Cordialmente,



7 171 346

Firma y Cédula de Identidad

## DECLARACIÓN JURADA

Yo José Davis Quesada Arias, mayor de edad, portador de la cédula de identidad número 7-0171-0346 egresado de la carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad Hispanoamericana, hago constar por medio de éste acto y debidamente apercibido y entendido de las penas y consecuencias con las que se castiga en el Código Penal el delito de perjurio, ante quienes se constituyen en el Tribunal Examinador de mi trabajo de tesis para optar por el título de Bachillerato en la carrera Ingeniería, juro solemnemente que mi trabajo de investigación titulado: Estandarización del mantenimiento preventivo de las máquinas de electro-posición del departamento de Plating de la empresa Samtec para el segundo cuatrimestre del 2019, es una obra original que ha respetado todo lo preceptuado por las Leyes Penales, así como la Ley de Derecho de Autor y Derecho Conexos número 6683 del 14 de octubre de 1982 y sus reformas, publicada en la Gaceta número 226 del 25 de noviembre de 1982; incluyendo el numeral 70 de dicha ley que advierte; artículo 70. Es permitido citar a un autor, transcribiendo los pasajes pertinentes siempre que éstos no sean tantos y seguidos, que puedan considerarse como una producción simulada y sustancial, que redunde en perjuicio del autor de la obra original. Asimismo, quedo advertido que la Universidad se reserva el derecho de protocolizar este documento ante Notario Público. en fe de lo anterior, firmo en la ciudad de San José, a los 11 días del mes de noviembre del año dos mil diez y nueve.



Firma del estudiante

Cédula 7 - 0171 - 0346

## CARTA DEL TUTOR

Heredia, 08 de Noviembre del 2019

**Destinatario: Dirección de carrera de Ingeniería Industrial**  
**Carrera: Ingeniería Industrial**  
**Universidad Hispanoamericana**

Estimado señor:

El estudiante **Jose David Quesada Arias**, cédula de identidad número **7-0171-0346**, me ha presentado, para efectos de revisión y aprobación, el trabajo de investigación denominado **Estandarización del Mantenimiento Preventivo de las Máquinas de Electro-posición del departamento de Plating de la empresa Samtec para el segundo cuatrimestre del 2019**, el cual ha elaborado para optar por el grado académico de **Bachiller en Ingeniería Industrial**.

En mi calidad de tutor, he verificado que se han hecho las correcciones indicadas durante el proceso de tutoría y he evaluado los aspectos relativos a la elaboración del problema, objetivos, justificación; antecedentes, marco teórico, marco metodológico, tabulación, análisis de datos; conclusiones y recomendaciones.

De los resultados obtenidos por el postulante, se obtiene la siguiente calificación:

a)	ORIGINAL DEL TEMA	10%	10%
b)	CUMPLIMIENTO DE ENTREGA DE AVANCES	20%	15%
c)	COHERENCIA ENTRE LOS OBJETIVOS, LOS INSTRUMENTOS APLICADOS Y LOS RESULTADOS DE LA INVESTIGACION	30%	30%
d)	RELEVANCIA DE LAS CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	20%	20%
e)	CALIDAD, DETALLE DEL MARCO TEORICO	20%	20%
	TOTAL		95%

En virtud de la calificación obtenida, se avala el traslado al proceso de lectura.

Atentamente,



**Nombre Ing. Freddy Monge Calvo. MBA**  
**Cédula identidad N. 303260154**

## CARTA DE LECTOR

San José,

Universidad Hispanoamericana  
Sede Llorente  
Carrera

Estimado señor

El estudiante JOSE DAVID QUESADA ARIAS, cédula de identidad 7-0171-0346, me ha presentado para efectos de revisión y aprobación, el trabajo de investigación denominado "ESTANDARIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE LAS MÁQUINAS DE ELECTRO-POSICIÓN DEL DEPARTAMENTO DE PLATING DE LA EMPRESA SAMTEC PARA EL SEGUNDO CUATRIMESTRE DEL 2019", el cual ha elaborado para obtener su grado de Bachillerato en Ingeniería Industrial.

He revisado y he hecho las observaciones relativas al contenido analizado, particularmente lo relativo a la coherencia entre el marco teórico y análisis de datos, la consistencia de los datos recopilados y la coherencia entre éstos y las conclusiones; asimismo, la aplicabilidad y originalidad de las recomendaciones, en términos de aporte de la investigación. He verificado que se han hecho las modificaciones correspondientes a las observaciones indicadas.

Por consiguiente, este trabajo cuenta con mi aval para ser presentado en la defensa pública.

Atte.

Firma *Fabian Ramos C*  
Nombre *Fabian Ramos Carrillo*  
Cédula *1-1179-0876*  
Carné *N/A*

## CARTA DEL FILÓLOGO

Cartago, 16 de enero de 2020

Los suscritos, Elena Redondo Camacho, mayor, casada, filóloga, cédula de identidad número 3 0447 0799 y Daniel González Monge, mayor, casado, filólogo, cédula de identidad número 1 1345 0416, vecinos de Quebradilla de Cartago, en calidad de filólogos revisamos y corregimos el trabajo final de graduación que se titula: *Estandarización del mantenimiento preventivo de las máquinas de electro-posición del Departamento de Plating de la empresa Samtec para el segundo cuatrimestre del 2019*, sustentado por José David Quesada Arias.

Hacemos constar que se corrigieron aspectos de forma, redacción, estilo y otros vicios del lenguaje que se pudieron trasladar al texto. La originalidad y la validez del contenido son responsabilidad exclusiva del autor y de sus asesores.

Esperamos que nuestra participación satisfaga los requerimientos de la Universidad Hispanoamericana.

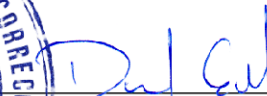


Elena Redondo Camacho

eredondo@boreacr.com

Filóloga

Carné Acfil 0247



Daniel González Monge

dgonzalez@boreacr.com

Filólogo

Carné Acfil 0245

## DEDICATORIA

Quisiera dedicarlo a mi esposa Susana Barquero quien ha sido una columna de apoyo y motivación en los momentos difíciles de mi vida.

A mi padre y madre, que trabajaron fuerte en mí, inculcando los valores para ser una persona esforzada, trabajadora y de bien.

A mi Dios que me dio la vida, sabiduría, capacidad y apoyo, colocando a personas que de una u otra forma me apoyaron a lo largo de este proceso.

## TABLA DE CONTENIDO

Capítulo I. Introducción .....	1
1.1. Descripción general del proyecto .....	2
1.2. Identificación de la empresa.....	3
1.2.1. Visión/misión.....	5
1.2.2. Velocidad .....	6
1.2.3. Flexibilidad.....	6
1.2.4. Innovación.....	6
1.2.5. Ganar/ganar.....	6
1.2.6. Estructura organizacional.....	6
1.2.7. Plating Costa Rica .....	8
1.3. Planteamiento del problema.....	9
1.3.1. Idea del problema .....	9
1.3.2. Descripción del problema.....	9
1.3.3. Desarrollo del problema.....	10
1.3.4. Justificación .....	14
1.4. Objetivos del proyecto.....	15
1.4.1. Objetivo general.....	15
1.4.2. Objetivos específicos .....	15

1.5. Alcances y limitaciones .....	16
1.5.1. Alcance .....	16
1.5.2. Limitaciones .....	16
Capítulo II. Marco teórico .....	18
2.1. Marco conceptual relativo a la carrera .....	19
2.1.1. Ingeniería industrial.....	19
2.1.2. Herramientas para el conocimiento del proceso .....	19
2.1.3. Herramientas para ordenar ideas .....	21
2.1.4. Herramienta para recolectar información .....	24
2.2. Marco conceptual atinente a la gestión del proyecto .....	25
2.2.1. DMAIC .....	25
2.2.2. El concepto Stakeholder .....	28
2.3. Marco conceptual referente al impacto del proyecto.....	30
2.3.1. Impacto cultural.....	30
2.3.2. Impacto económico.....	30
2.4. Antecedentes de proyectos o experiencias semejantes .....	31
Capítulo III. Marco metodológico.....	32
3.1. Metodología para la definición del problema.....	33
3.2. Metodología para la medición y respaldo cualitativo de proyecto .....	34
3.3. Metodología para la propuesta de mejora, construcción o puesta en práctica	

de un nuevo proceso.....	35
3.3.1. Diagrama de Ishikawa .....	36
3.4. Metodología para la implementación del proyecto .....	37
3.5. Metodología para la verificación, aseguramiento, control y seguimiento de resultados.....	39
Capítulo IV. Línea base y análisis de causa.....	41
4.1. Línea base del proceso .....	42
4.1.1. Proceso de Plating .....	42
4.1.2. Opciones de Plating en relación con el oro.....	46
4.1.3. Diagrama de flujo.....	46
4.1.4. Constitución de la máquina de Costa Rica .....	47
4.2. Análisis de causa .....	49
4.2.1. Análisis de las posibles causas del problema.....	49
4.3. Mapeo del proceso actual .....	51
4.4. Situación actual del mantenimiento preventivo .....	53
4.4.1. Resultados primera observación en el PM operador # 1, primera observación.....	53
4.4.2. Resultados primera observación en el PM operador # 2, primera observación.....	55
4.5. Resultado del estado actual del PM.....	58
4.5.1. Interpretación de la tabla anterior .....	58

4.5.2. Interpretación del gráfico anterior .....	59
4.6. Plan por seguir .....	60
4.7. Segunda observación en función de puntos de mejora .....	61
4.7.1. Observaciones de la segunda observación. ....	61
4.7.2. Crear una guía de separación de actividades para cada operador.....	64
4.8. Instrucciones para la tercera observación con la nueva guía de trabajo.....	65
4.9. Diagrama Analítico con la nueva guía de trabajo.....	68
4.9.1. Resultados tercera observación en el PM operador # 1 .....	68
4.9.2. Resultados tercera observación en el PM operador # 2 .....	70
4.10. Resultado total de la prueba del mantenimiento preventivo.....	73
4.11. Comparación diagramas analíticos .....	75
Capítulo V. Diseño e implementación de la solución.....	78
5.1. Implementación de la propuesta de mejora .....	79
5.1.1. Propuesta # 1. Sustitución de guantes de nitrilo por guantes de high risk .....	79
5.1.2. Propuesta # 2. Utilizar una pizarra de acrílico en los DO de Níquel .....	81
5.1.3. Propuesta # 3. Aumentar de 1 pulgada a 2 pulgadas la tubería de drenado del DO de Níquel .....	82
5.1.4. Propuesta # 4. Utilizar guía y secuencia de actividades por operador.....	84
5.1.5. Propuesta # 5. No quitar las placas del Cleaner de las celdas .....	86
5.1.6. Propuesta # 6. Asignar un bolso con herramientas por línea.....	86

5.2. Resultados de la implementación .....	89
5.2.1. Costo total del beneficio.....	89
5.3. Beneficios de la propuesta .....	91
5.3.1. Interpretación de la tabla anterior .....	91
5.3.2. Interpretación de la tabla anterior .....	92
5.4. Diagrama de Stakeholder.....	93
Capítulo VI. Conclusiones y recomendaciones .....	96
6.1. Conclusiones.....	97
6.2. Recomendaciones .....	99
Bibliografía .....	100
Anexos .....	102

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

<i>Ilustración 1.</i> Ubicación de instalaciones de la empresa .....	4
<i>Ilustración 2.</i> Instalaciones Samtec Alajuela .....	5
<i>Ilustración 3.</i> Estructura de la organización.....	7
<i>Ilustración 4.</i> Tiempo en horas del PM turno 2B últimos 6 meses.....	13
<i>Ilustración 5.</i> Simbología de la norma (INSI) para diagramas de flujo.....	20
<i>Ilustración 6.</i> Simbología del curso-grama analítico .....	21
<i>Ilustración 7.</i> Diagrama Ishikawa ejemplo .....	22
<i>Ilustración 8.</i> Ejemplo de Diagrama de Pareto .....	24
<i>Ilustración 9.</i> Ciclo del proceso DMAIC .....	25
<i>Ilustración 10.</i> Ejemplo del diagrama de Stakeholder .....	29
<i>Ilustración 11.</i> Proceso de Electroposición.....	43
<i>Ilustración 12.</i> Reel de Plating.....	44
<i>Ilustración 13.</i> Pin forma de canasta .....	45
<i>Ilustración 14.</i> Pin conexión sencilla.....	45
<i>Ilustración 15.</i> Diagrama de flujo de la máquina Strip Line .....	47
<i>Ilustración 16.</i> Diagrama Ishikawa del problema .....	49
<i>Ilustración 17.</i> Resultado del Diagrama analítico del operador # 1, primera observación.....	54
<i>Ilustración 18.</i> Resultado del Diagrama analítico del operador # 2, primera observación .....	56
<i>Ilustración 19.</i> Diagrama de Pareto de actividades de ambos operadores, primera observación.....	59

<i>Ilustración 20.</i> Diagrama analítico del operador # 1, resultado.....	69
<i>Ilustración 21.</i> Diagrama analítico del operador # 2, resultado.....	71
<i>Ilustración 22.</i> Sumatoria de actividades de ambos operadores en el PM .....	74
<i>Ilustración 23.</i> Diagrama de Stakeholder .....	93
<i>Ilustración 24.</i> Diagrama de recorrido operador # 1 situación Actual .....	127
<i>Ilustración 25.</i> Diagrama de recorrido operador # 2 situación Actual .....	128
<i>Ilustración 26.</i> Reporte de PM primera observación 1 de 2.....	129
<i>Ilustración 27.</i> Reporte de PM primera observación 2 de 2.....	130
<i>Ilustración 28.</i> Diagrama de recorrido operador # 1 situación Resultado .....	151
<i>Ilustración 29.</i> Diagrama de recorrido operador # 2 situación Resultado .....	152
<i>Ilustración 30.</i> Reporte de PM tercera observación 1 de 2.....	153
<i>Ilustración 31.</i> Reporte de PM tercera observación 2 de 2.....	154
<i>Ilustración 32.</i> Tubería de drenado de Níquel 1 pulgada.....	155
<i>Ilustración 33.</i> Tubería de drenado de Níquel 2 pulgadas.....	156
<i>Ilustración 34.</i> Pizarra de acrílico en la sección DO de Níquel.....	157
<i>Ilustración 35.</i> Bolsos con herramientas de asignación por línea.....	158
<i>Ilustración 36.</i> Panel de herramientas .....	158
<i>Ilustración 37.</i> Aspiradora uso general .....	159
<i>Ilustración 38.</i> Aspiradora uso solo oro .....	159
<i>Ilustración 39.</i> Canastas de ánodos de Estaño .....	160
<i>Ilustración 40.</i> Canastas de ánodos de Níquel .....	160
<i>Ilustración 41.</i> Estación de ánodos Pay off .....	161
<i>Ilustración 42.</i> Pay off.....	161

<i>Ilustración 43.</i> Take up .....	162
<i>Ilustración 44.</i> By pass roller .....	162
<i>Ilustración 45.</i> Placas de Cleaner .....	163
<i>Ilustración 46.</i> Celda de Rinse.....	163
<i>Ilustración 47.</i> Tanques de almacenamiento de agua .....	164
<i>Ilustración 48.</i> Manguera para agua.....	164
<i>Ilustración 49.</i> Strip line .....	165

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Resumen del Diagrama Analítico operador # 1, primera observación.....	53
Tabla 2. Resumen del Diagrama Analítico del operador # 2, primera observación ...	55
Tabla 3. Sumatoria de actividades de ambos operadores en el PM, primera observación.....	58
Tabla 4. Resumen del Diagrama analítico operador # 1 Resultados .....	68
Tabla 5. Resumen del Diagrama analítico operador # 2, Resultados .....	70
Tabla 6. Sumatoria de actividades de ambos operadores tercera observación .....	73
Tabla 7. Cuadro comparativo de los diagramas analíticos en la realización del PM .	75
Tabla 8. Comparativa de costos en \$ de guantes de Nitrilo vs. High risk.....	80
Tabla 9. Costo en \$ de ampliación de tubería de drenado DO de Níquel .....	83
Tabla 10. Costo en \$ de la implementación de guía de secuencia de actividades para cada operador .....	85
Tabla 11. Costo en \$ de un bolso y su herramienta .....	87
Tabla 12. Valor del beneficio al reducir de 1.33 horas por PM de implementarse el proyecto .....	89
Tabla 13. Costos de inversión vs. beneficios de propuestas primer mes.....	91
Tabla 14. Costos de inversión vs. beneficios de propuestas segundo mes .....	92
Tabla 15. Registro de mantenimiento de la Línea Strip.....	103
Tabla 16. Diagrama analítico de operador 1, primera observación .....	106
Tabla 17. Diagrama analítico de operador 2, primera observación .....	116
Tabla 18. Guía y secuencia de actividades operador # 1.....	131
Tabla 19. Guía y secuencia de actividades operador # 2.....	133

Tabla 20. Diagrama analítico del operador # 1, Resultados.....	134
Tabla 21. Diagrama analítico del operador # 2, Resultados.....	142

## ACRÓNIMOS Y SIGLAS

- **DO:** *Drag Out*.
- **SL:** *Strip Line*.
- **PM:** Mantenimiento Preventivo.
- **Sn:** Estaño.
- **Ni:** Níquel.
- **PHVA:** Planear, Hacer, Verificar, Actuar.
- **DMAIC:** Definir, Medir, Analizar, Mejorar, Controlar.
- **PPM:** Pies Por Minuto.
- **Stakeholder:** Parte interesada o áreas de interés.
- **INSI:** American National Standards Institute.

## RESUMEN EJECUTIVO

La mejora continua en los procesos productivos en cualquier empresa es fundamental, no solo para satisfacer las necesidades del cliente, sino también para crear una relación de confianza en la que ambas partes se vean beneficiadas. En una empresa especializada en ensamble de componentes electrónicos y con un mercado tan saturado se hace primordial ser lo más eficientes posibles.

El objetivo de este estudio es la implementación de un conjunto de metodologías de ingeniería industrial para analizar las actividades que son responsabilidad de los operadores involucrados en el mantenimiento preventivo de las máquinas de *Strip Line*. Se busca el aprovechamiento máximo del recurso y reducir todas aquellas tareas que no agregan valor a esta actividad. Es decir, esta propuesta busca disminuir los tiempos de paro destinados para el PM y aumentar la disponibilidad del equipo instalado.

La información considerada en el análisis de la propuesta está comprendida en el segundo semestre del 2019. Las causas que lideran el problema son falta de herramientas, descoordinación, ausencia de ayudas visuales, falta de conciencia por parte del personal y un equipo que debe ser más comprometido.

Al finalizar este estudio se plantearon 6 propuestas, que empleadas en conjunto permitirían reducir la cantidad de horas de paro del mantenimiento preventivo en 1 hora con 20 minutos, esto significa una reducción del 19.7 % en comparación con el tiempo actual. Además, al implantar este proyecto con una inversión inicial y única de \$2,131.33, se logra un beneficio en el primer año de \$46,626.27. De esta forma, se

reducen los costos del departamento y tener una operación más rentable en *Plating Costa Rica*.

# **CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN**

## 1.1. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO

En la mayoría de las empresas, el área de mayor relevancia es el área productiva, de la actividad de esta proviene la liquidez de la compañía para sufragar los gastos y operar. En el pasado el objetivo de las compañías se centraba en satisfacer las necesidades de los clientes, indistintamente de la actividad de la empresa, ya sea bienes o servicios. En la actualidad la competencia es más fuerte gracias a la cercanía comercial por medio de la globalización y solo las compañías que se adaptan más rápido al cambio son las que sobreviven. Por esto, el solo satisfacer las necesidades del cliente no es suficiente, las compañías actuales tratan de deleitar al cliente con un servicio único que nadie más está dispuesto a darles. Con esto se busca garantizar una larga relación compañía-cliente para generar una estabilidad comercial en ambas direcciones.

Las entregas de producto en los tiempos establecidos es fundamental para crear una buena relación productor-cliente. Los paros no programados, mantenimientos correctivos o preventivos que se salen de su tiempo estándar generan a trazos en los planes productivos e incumplimiento de entregas del producto terminado. Este proyecto consiste en la reducción de tiempos de mantenimiento preventivo de las máquinas de electro posición del Departamento de Plating de la empresa Samtec. Lo anterior mediante en la estandarización de tiempo por actividad y secuencia lógica de las actividades por parte de los dos colaboradores y el técnico de mantenimiento involucrados en la tarea.

## 1.2. IDENTIFICACIÓN DE LA EMPRESA

Samtec es una empresa transnacional cuya casa matriz se encuentra en New Albany, Indiana en los Estados Unidos de Norteamérica. Samtec USA fue fundada en 1976 por John Shine, que inició sus operaciones en el garaje de la casa de sus padres. Empezó con pequeños diseños de partes de máquinas para posteriormente crear sus propios diseños mejorados de estas partes. Tiempo después tomó más fuerza y pasó a la creación de máquinas completas y más complejas, para formar sus primeras pequeñas líneas de producción en las que se fabricaban conectores electrónicos utilizados en diversas aplicaciones de la industria de la telecomunicación y transferencia de datos.

El crecimiento del mercado y mantenerse a la vanguardia en la industria electrónica, género que se viera en la necesidad de extender sus operaciones, el incremento de clientes asiáticos y sus estrictos estándares, así como la incursión en el área automotriz, produjo la apertura de diferentes plantas para cubrir esta demanda. En la actualidad, Samtec posee 8 plantas dedicadas a la manufactura de conectores, cables, fibra óptica, etc. más de 24 oficinas responsables del servicio al cliente en 24 países, venta de productos a casi 23 000 clientes en más de 124 países, con ingresos anuales en el 2016 de más de \$659 millones de dólares y con más de 4000 empleados en el ámbito mundial.



*Ilustración 1.* Ubicación de instalaciones de la empresa

Fuente: elaboración propia.

Para el 01 de julio del 2016, John Shine y su hijo Sam Shine, quien ahora forma parte activa de la compañía, se pusieron en contacto con diferentes empresas y personas en Costa Rica, motivados por la gran cantidad de mano de obra especializada y las buenas referencias. En este punto, don José Manuel Sánchez Fernández fue contratado como gerente general y se iniciaron todos los movimientos para abrir operaciones en Costa Rica.

En la actualidad, las operaciones en Costa Rica involucran 15 departamentos entre los que se puede mencionar desde el Departamento de Ingeniería Industrial, hasta Facilidades y Producción con 987 empleados activos en sus diferentes áreas y procesos. Esto con la proyección de continuar creciendo en áreas y procesos que actualmente están cubiertos solo por casa matriz, pero que se prevé se implementen y se pongan en marcha también en el país. Samtec Costa Rica está ubicada en la

Zona Franca Z, Montecillos, Alajuela.



*Ilustración 2.* Instalaciones Samtec Alajuela

Fuente: elaboración propia.

### **1.2.1. Visión/misión**

Samtec Costa Rica, por su modelo de negocio, carece de Visión y Misión, en su lugar, la empresa consta de cuatro pilares llamados *el ADN de Samtec*, los cuales son la columna vertebral de la compañía y todos sus colaboradores están identificados con estos valores. El ADN de Samtec es conformado por Velocidad, Flexibilidad, Innovación y Ganar/Ganar. A continuación se explicará brevemente cada uno.

### **1.2.2. Velocidad**

Se espera que los colaboradores actúen con sentido de urgencia y lograr así, los tiempos de entrega más rápidos de la industria.

### **1.2.3. Flexibilidad**

Busca que sus colaboradores se abran al cambio y creen soluciones que se ajusten con la situación, ya que Samtec está en constante cambio y evolución.

### **1.2.4. Innovación**

La compañía busca que sus colaboradores aprendan, crezcan y se diviertan, con esto se logra que piensen creativamente y que sean diferentes.

### **1.2.5. Ganar/ganar**

La gente importa, Samtec Costa Rica está dispuesto a ayudar y mejorar las condiciones de sus trabajadores, siempre y cuando estos sean responsables con su trabajo y se adueñen de sus labores cotidianas.

### **1.2.6. Estructura organizacional**

Samtec cuenta con 15 departamentos, cada uno con su gerente y un gerente General. El organigrama de la empresa, la distribución de cada uno de sus departamentos y los responsables de llevar las riendas de los mismos se muestran a continuación:

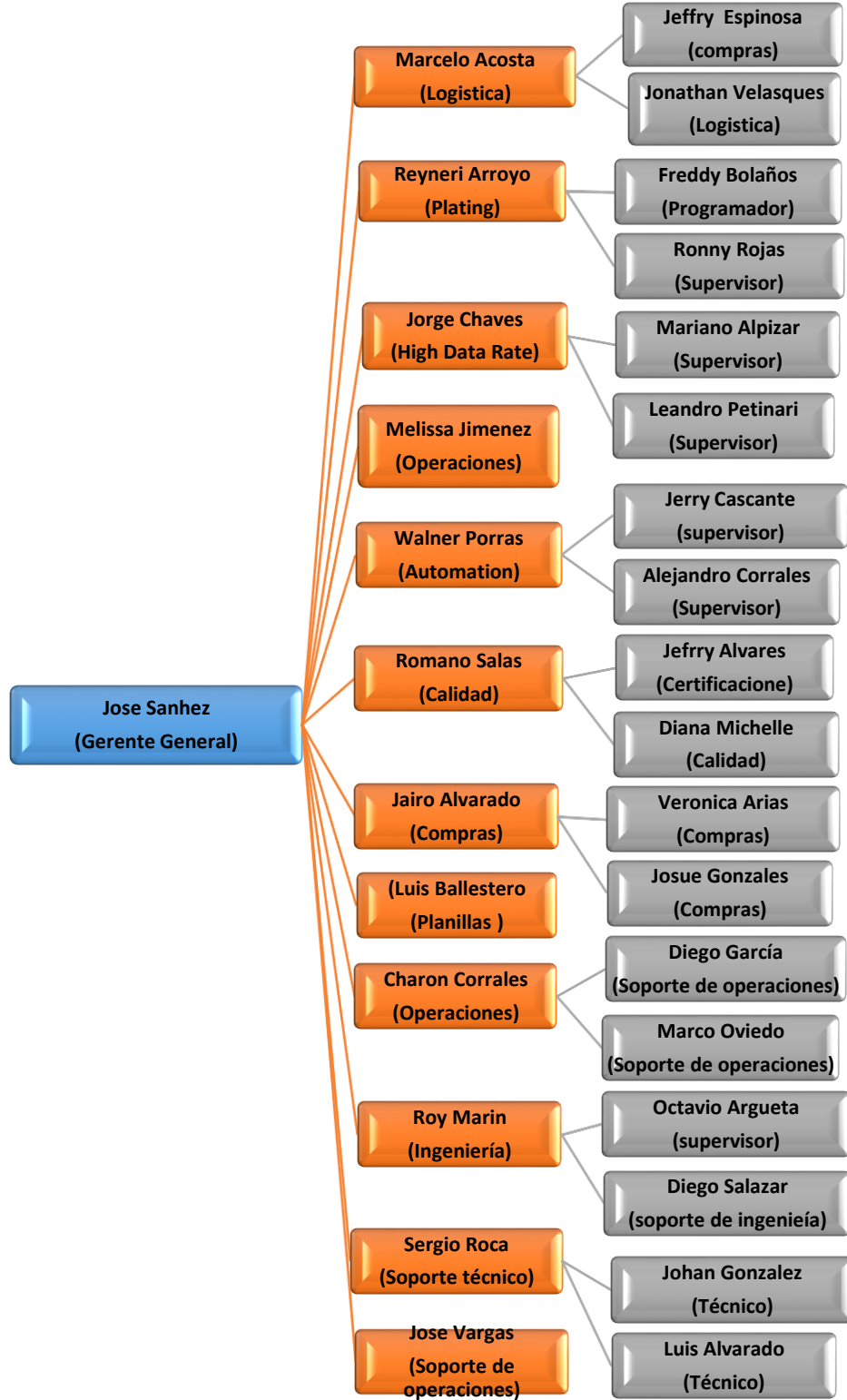


Ilustración 3. Estructura de la organización

Fuente: elaboración propia.

### **1.2.7. Plating Costa Rica**

En la actualidad, en Costa Rica cuenta con 7 máquinas dobles de electroposición, denominadas comúnmente *Strip Line*. Las operaciones de Plating Costa Rica iniciaron en el 2012 con una máquina de este tipo y, debido a esto, empezó a incrementar la capacidad del departamento. El Departamento de Plating trabaja en jornadas de 12 horas en horario comprimido 4X3 y 24/7, para esto cuenta con 4 turnos operativos. Para mantener las operaciones en marcha, además se cuenta con 40 operadores, 4 laboratoristas, 4 supervisores, 8 técnicos y 6 ingenieros de operaciones.

## 1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### 1.3.1. Idea del problema

Actualmente, la empresa no cuenta con un tiempo de mantenimiento preventivo establecido para las máquinas de electroposición del Departamento de Plating. Los gerentes solicitan al Departamento de Producción culminar la tarea lo más pronto posible para que las máquinas vuelvan a producir. Sin embargo, los supervisores del departamento mencionan que, por la cantidad de actividades y lo complejo de las tareas, es complicado reducir el tiempo de mantenimiento, no obstante, esto no está fundamentado ya que no se ha hecho un estudio o análisis del mantenimiento preventivo.

### 1.3.2. Descripción del problema

Históricamente, la compañía no ha definido un tiempo estándar de los mantenimientos preventivos, este se encontraba en promedio de 4.1 horas por mantenimiento en las que la máquina no se encuentra en condiciones de producir.

En marzo del 2018 se empezó a presentar un problema en la planta de tratamiento, el agua que se utiliza para hacer los enjuagues después del platinado de Níquel (*Drag Out*) presenta orgánicos (una especie de *baba* transparente que se almacena en este tanque). Lavar este tanque podría tardar hasta 7 horas en el proceso de limpieza, ya que esto implica retirar toda la tubería de entrada y salida del agua, bombas de circulación, el tanque del agua (*Drag Out*) y lavar el tanque por dentro hasta 8 veces, con esto se elimina cualquier residuo o presencia del orgánico.

No se puede trabajar con estos orgánicos en el tanque del *Drag Out*, porque al subir el agua hacia la celda para limpiar el *reel*, el orgánico se queda pegado al material lo que produce un defecto denominado *manchas*.

El agua del tanque del *Drag Out* es de recirculación. Esto quiere decir que el tanque del enjuague se llena una vez y se utiliza toda la semana, esta agua solo se usa después del platinado del Níquel. Este tipo de agua no se usa para enjuagues de los otros baños de la máquina de producción.

### **1.3.3. Desarrollo del problema**

Antes de que se presentaran los orgánicos en el proceso de electroposición, los tiempos de mantenimiento no eran un factor determinante, ya que eran aceptables. La presencia de orgánicos se intensificó a partir de mayo 2018 lo que alargó estos tiempos de mantenimiento preventivo y produjo atrasos inesperados.

Primero se sospechó del tanque principal de almacenamiento de la planta y se implementó una luz LED para eliminar los orgánicos y que estos no proliferaran. Los resultados no fueron positivos, ya que el orgánico buscaba otro lugar para acumularse. Además, se intentó lavar toda la tubería que transporta el agua de la planta de tratamiento a los tanques (*Drag Out* de Níquel) de las líneas de producción, sin embargo, no presentó mejoría alguna, el orgánico no desaparecía, este solo buscaba un lugar nuevo donde crecer.

Se instaló un filtro en el tanque de recirculación (tanque del *Drag Out* de Níquel de la línea) para que atrapara todo el orgánico del tanque, no obstante, no

presentó un resultado positivo, el orgánico se pegaba a las paredes del tanque, este no se encuentra suspendido en el agua. Como último recurso se implementaron tres enjuagues en el tanque del *Drag Out* de Níquel (en las líneas de producción) que presentaron resultados de inmediato, el problema de orgánicos ya no se presentaba en las máquinas de producción. Los tres enjuagues se hacen de la siguiente forma:

1. NaOH, enjuague de soda cáustica hora.
2. Biocide, enjuague Biosida 1 hora.
3. *Sulfamic acid*, enjuague ácido 1 hora.

Con esta implementación aumentó en 3 horas el mantenimiento preventivo, más 40 minutos de limpieza de un proceso a otro. En total, el mantenimiento de la máquina de electroposición pasó a un promedio de 7.1 horas con mayores tiempos de paro.

El gerente del área pidió hacer un análisis actual del mantenimiento preventivo en las máquinas de electroposición del Departamento de Plating, parte de la solicitud es utilizar un turno para hacer las observaciones y análisis. A partir de esto, se busca implementarlo en este turno y si los resultados son positivos se implementará en los tres turnos restantes.

El turno 2B es donde se llevarán a cabo las observaciones, toma de datos y análisis del mantenimiento preventivo de las máquinas de electroposición y de obtener resultados positivos se implementarán en los tres turnos restantes (1 A, 2 A y 1B). En el mantenimiento preventivo se involucran las tres áreas del departamento,

producción, soporte técnico y laboratorio. Cada una tiene tareas específicas para llevar a cabo en el mantenimiento preventivo, la sincronía y la comunicación son indispensables para completar la tarea y las personas asignadas se distribuyen de la siguiente forma:

- 1 técnico.
- 1 laboratorista.
- 2 operadores.

La máquina *Strip Line* está compuesta por dos líneas independientes, a esto se debe el nombre SL 11/12, en cada línea está asignado un operador (un asociado responsable del material de la SL 11 y el otro asociado responsable del material de la SL 12). Al iniciar el trabajo del mantenimiento preventivo los dos asignados a esta máquina son los dos responsables de hacer el PM, según las indicaciones de la empresa, sumado al laboratorista y técnico del turno. Para conocer las responsabilidades de cada uno de los departamentos ver la Tabla 14 en la sección de anexos.

Como se observa en la tabla de registro de mantenimiento preventivo, las tareas operacionales no solo son de mayor cantidad, sino que también son las que demandan más tiempo en su realización. Las tareas operacionales son denominadas el cuello de botella del mantenimiento preventivo. El técnico de proceso y el laboratorista se tienen que amoldar al ritmo de los operadores. Para contar con un punto de partida, a continuación se muestra los tiempos de mantenimiento del turno

2B en los últimos 6 meses.

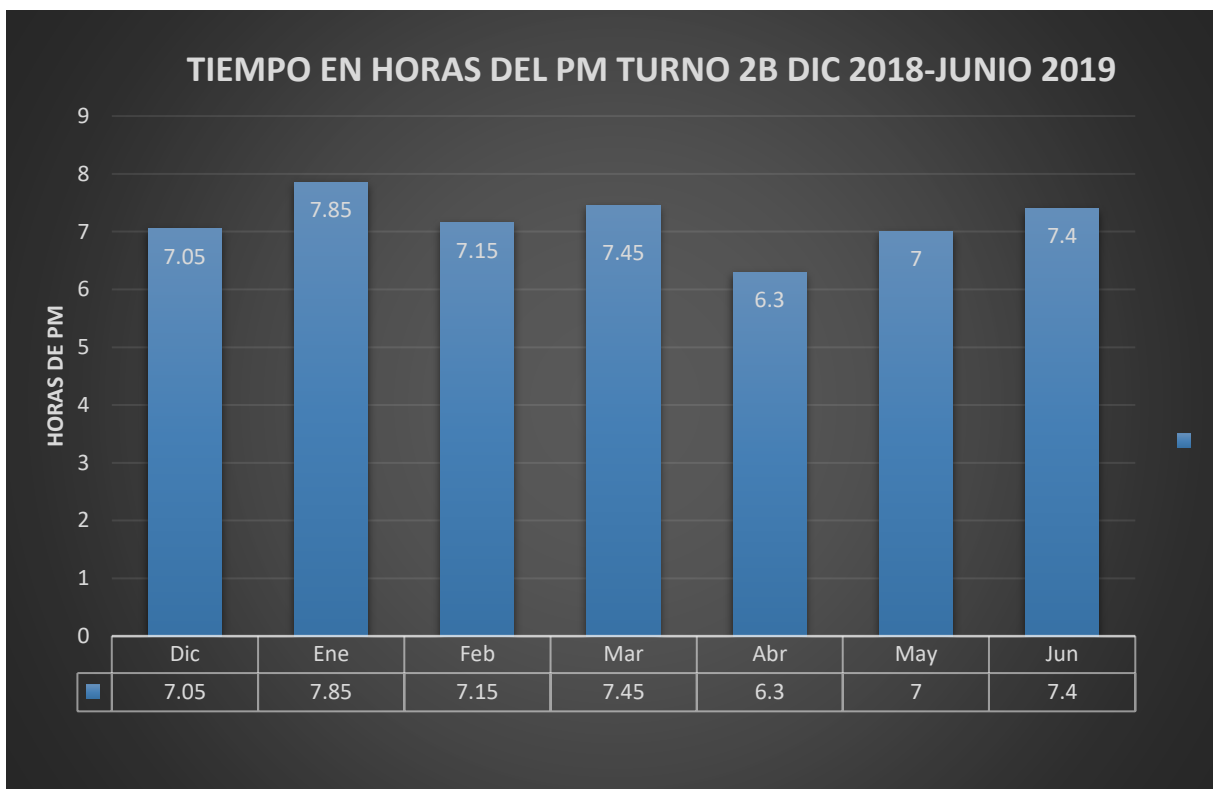


Ilustración 4. Tiempo en horas del PM turno 2B últimos 6 meses

Fuente: elaboración propia.

Los mantenimientos preventivos se hacen con una frecuencia de 15 días, actualmente el turno 2B tiene a cargo los mantenimientos preventivos de 2 *Strip Line* y estas son:

- *Strip Line* 11/12.
- *Strip Line* 13/14.

Es decir, el turno 2B hace 4 mantenimientos preventivos al mes.

#### **1.3.4. Justificación**

En la actualidad, todos los centros de trabajo (Costa Rica, New Albany y China) hacen el proceso de electroposición, se han reducido considerablemente las horas de trabajo por mes. Lo anterior se relaciona directamente con el mercado y lucha comercial en el ámbito global. A partir de esto, cada una de las jefaturas trata de mejorar al máximo los departamentos de la empresa para garantizar la permanencia de las actividades en el país.

Con la implementación de este proyecto se beneficia al Departamento de Plating Costa Rica, pues proporciona las herramientas necesarias para llevar a cabo el proceso del mantenimiento preventivo de las máquinas *Strip Line* con un mayor grado de efectividad. Al reducir los tiempos, las máquinas de producción estarán listas para producir en un tiempo menor y con esto la actividad será más rentable.

## **1.4. OBJETIVOS DEL PROYECTO**

### **1.4.1. Objetivo general**

- Aumentar la disponibilidad del equipo con la reducción del tiempo de paro en un 15 % para el segundo semestre del 2019. Esto a través de la estandarización del proceso de mantenimientos preventivos de las máquinas de electroposición del Departamento de Plating para la mejora de la rentabilidad de la empresa.

### **1.4.2. Objetivos específicos**

1. Analizar la secuencia de actividades del mantenimiento preventivo de las máquinas de electroposición del Departamento de Plating en el turno 2B mediante un diagrama analítico.
2. Trazar un mapa de ruta de cada operador en la consecución de las tareas del PM, utilizando la herramienta AutoCAD.
3. Proponer recomendaciones a la empresa Samtec una vez llevado a cabo el análisis del tiempo de mantenimiento de las líneas de electro posición del Departamento de Plating.

## 1.5. ALCANCES Y LIMITACIONES

### 1.5.1. Alcance

- El estudio se desarrollará en las máquinas *Strip Line* del Departamento de Plating de la empresa Samtec.
- Las muestras, observaciones y análisis se tomarán del turno 2B (turno nocturno de 12 horas).
- El estudio se centrará en las actividades que son de responsabilidad del Departamento de Operaciones, ya que estas son las de mayor duración (las actividades de responsabilidad técnica y laboratorio no serán parte de la investigación).
- El proyecto consistirá en establecer una secuencia lógica y reducción de los desplazamientos de las actividades del mantenimiento preventivo de las máquinas de electroposición del Departamento de Plating.

### 1.5.2. Limitaciones

- Por lo delicado del proceso, la empresa puede retener información considerada sensible.
- Los mantenimientos de las máquinas se hacen cada 15 días lo que limita el número de observaciones.
- El tiempo de desarrollo del proyecto se limita al segundo semestre del

2019, por lo que es un plazo corto para recolectar información, ya que la toma de un dato a otro toma 15 días.

- Los operadores pueden omitir o modificar la información, con el fin de no dejar en evidencia actividades no apropiadas.
- En el turno 2B se hacen 2 mantenimientos preventivos por mes, esta tarea es rotativa para los operarios y el ritmo es diferente.

## **CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO**

## **2.1. MARCO CONCEPTUAL RELATIVO A LA CARRERA**

### **2.1.1. Ingeniería industrial**

La Ingeniería Industrial es una de las ramas de la Ingeniería y se ocupa de la optimización de uso de recursos humanos, técnicos e informativos. Además, se encarga del manejo y gestión óptimos de los sistemas de transformación de bienes y servicios, evaluación de sistemas integrados aplicados en campos de personal, riqueza, conocimientos, información, equipamiento, energía, materiales y procesos, esto con la finalidad de obtener productos de alta calidad o servicios útiles que satisfagan a la sociedad y con alta consideración al medioambiente. Utiliza los principios, métodos del análisis, síntesis de la ingeniería y el diseño para especificar, evaluar, predecir y mejorar los resultados obtenidos de estos sistemas.

De acuerdo con Salazar (2016):

La Ingeniería Industrial se ocupa del diseño, mejora e instalación de sistemas integrados de personas, materiales, información, equipo y energía. Se basa en el conocimiento especializado y habilidades en las ciencias matemáticas, físicas y sociales junto con los principios y métodos de análisis de ingeniería y diseño, para especificar, predecir y evaluar los resultados que se obtengan de tales sistemas (s. p.).

### **2.1.2. Herramientas para el conocimiento del proceso**

#### **2.1.2.1. Diagrama de flujo**

El diagrama de flujo de procesos es una representación gráfica de la secuencia de los pasos o actividades de un proceso. A través de este diagrama se ve en qué consiste el proceso y cómo se relacionan las diferentes actividades, es de especial

utilidad para analizar y mejorar el proceso (Gutiérrez, 2014).



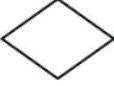
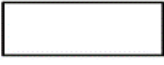
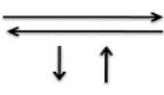

SÍMBOLO	NOMBRE	ACCIÓN
	Terminal	Representa el inicio o el fin del diagrama de flujo.
	Entrada y salida	Representa los datos de entrada y los de salida.
	Decisión	Representa las comparaciones de dos o mas valores, tiene dos salidas de información falso o verdadero
	Proceso	Indica todas las acciones o cálculos que se ejecutaran con los datos de entrada u otros obtenidos.
	Líneas de flujo de información	Indican el sentido de la información obtenida y su uso posterior en algún proceso subsiguiente.
	Conector	Este símbolo permite identificar la continuación de la información si el diagrama es muy extenso.

Ilustración 5. Simbología de la norma (INSI) para diagramas de flujo

Fuente: elaboración propia.

### 2.1.2.2. Diagrama analítico

Según Betancourt (2016):

Es una representación gráfica, con la que logramos de forma sistemática y secuencial, documentar las actividades que realiza una o más personas al trabajar en manufactura o con clientes. También, es conocido como gráfico de proceso, el curso grama permite analizar las labores para detectar errores o mejoras. Es una herramienta vital del ingeniero industrial y comúnmente usada por analistas de proceso, quienes, en conjunto con otras herramientas y trabajos como estudios de tiempos, mejoran las labores administrativas, de servicio y producción de las compañías.

Así pues, entusiasta, verás que un curso grama analítico se puede basar en tres opciones:

- Curso-grama de operario: Se registra todo lo que lleva a cabo el trabajador.
- Curso-grama de material: Se registra todas las acciones que se le hacen al material.
- Curso-grama de equipo: Se registra todo el trabajo que se realiza desde la óptica del equipo (cómo se usa el equipo) (s. p.).

En la *Ilustración 6* se presenta la simbología del curso-grama analítico.

SÍMBOLO	NOMBRE	DESCRIPCIÓN
	OPERACIÓN	Indica las principales fases del proceso. Agrega, modifica, montaje, etc.
	INSPECCIÓN	Verifica la calidad y cantidad. En general no agrega valor.
	TRANSPORTE	Indica el movimiento de materiales. Traslado de un lugar a otro.
	ESPERA	Indica demora entre dos operaciones o abandono momentáneo.
	ALMACENAMIENTO	Indica depósito de un objeto bajo vigilancia en un almacén.
	COMBINADA	Indica varias actividades simultáneas.

*Ilustración 6.* Simbología del curso-grama analítico

Fuente: elaboración propia.

### 2.1.2.3. Mapa de proceso

La función del mapa de procesos es hacer un diagrama de flujo del proceso más apegado a la realidad. En este se deben especificar las actividades que se hacen en el proceso (actividades principales, inspecciones, esperas, transportes, reprocesos). Además, el diagrama puede ir desde un nivel alto hasta un nivel micro. En el primer caso, no se entra en detalles y de lo que se trata es de tener una visión macro del proceso, este diagrama resulta útil para delimitarlo e iniciar el análisis (Gutiérrez, 2014).

### 2.1.3. Herramientas para ordenar ideas

#### 2.1.3.1. Ishikawa

Consiste en una representación gráfica sencilla en la que puede verse de manera relacional una especie de espina central, que es una línea en el plano horizontal, representando el problema a analizar, que se escribe a su derecha. El diagrama Ishikawa surgió a lo largo del siglo XX en ámbitos de la industria y posteriormente en el de los servicios, para facilitar el análisis de problemas y sus soluciones en esferas como lo son; calidad de los procesos, los productos

y servicios. Fue concebido por el licenciado en química japonés Dr. Kaoru Ishikawa en el año 1943, de ahí su nombre (Pérez, 2015, s. p.).

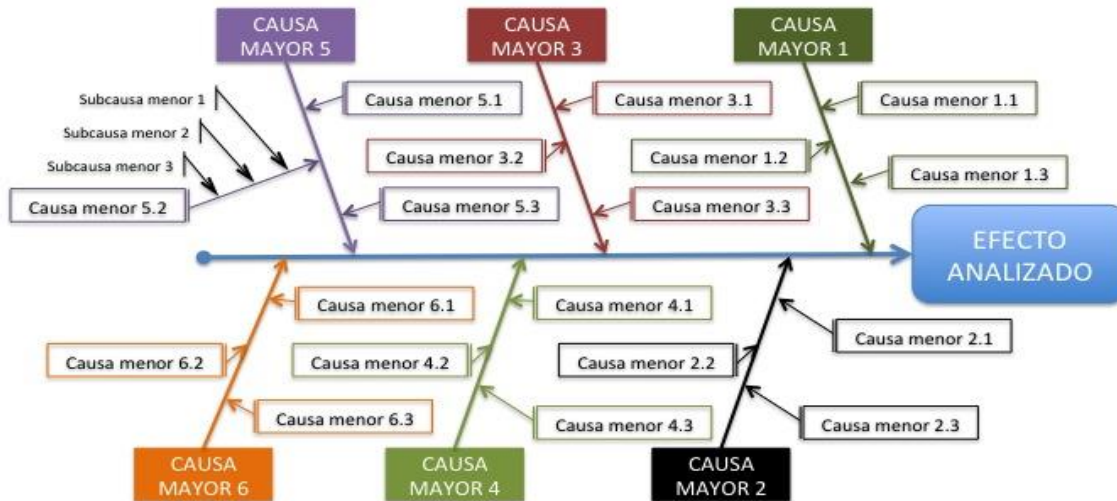


Ilustración 7. Diagrama Ishikawa ejemplo

Fuente: elaboración propia.

Procedimiento para crear un diagrama Ishikawa:

- Para empezar, se decide qué característica de calidad, salida o efecto se quiere examinar y continuar con los siguientes pasos:
- Hacer un diagrama en blanco.
- Escribir de forma concisa el problema o efecto.
- Escribir las categorías que se consideren apropiadas al problema: máquina, mano de obra, materiales, métodos, son las más comunes y se aplican en muchos procesos.
- Realizar una lluvia de ideas de posibles causas y relacionarlas con cada categoría.
- Preguntarse ¿por qué? a cada causa (Es aconsejable trabajar el diagrama en varios momentos ya que la reflexión enriquecerá el diagrama. También es altamente aconsejable seguir preguntándose ¿por qué? una vez determinada una causa. Esto nos va a permitir encontrar sub-causas que serán las que haya que atacar si queremos resolver el problema) (Pérez, 2015, s. p.).

Las aplicaciones del diagrama Ishikawa son muy variadas:

- Identificar las causas verdaderas, y no solamente sus síntomas, de una determinada situación y agruparlas por categorías.
- Resumir todas aquellas relaciones entre las causas y efectos de un proceso.
- Promover la mejora de los procesos.
- Consolidar aquellas ideas de los miembros del equipo sobre determinadas actividades relacionadas con la calidad.
- Favorecer también el pensamiento del equipo, lo que conllevará a una mayor aportación de ideas.
- Obtener una visión más global y estructurada de una determinada situación ya que se ha realizado una identificación de un conjunto de factores básicos (Pérez, 2015, s. p.).

### 2.1.3.2. Diagrama de Pareto

De acuerdo con Betancourt (2016):

Creado por Vilfredo Pareto y conocido también como distribución ABC, gráfico de Pareto o curva 80-20, esta herramienta nos permite separar los problemas más relevantes de aquellos que no tienen importancia, mediante la aplicación del principio 80-20 o principio de Pareto, que a nivel general dice así:

El 20 % de las causas genera el 80 % de las consecuencias.

El diagrama de Pareto consiste en un gráfico de barras que clasifica de izquierda a derecha en orden descendente las causas o factores detectados en torno a un fenómeno. De ahora en adelante hablaremos de problemas como causas y de fenómeno como situación problemática.

Esto nos permite concentrar nuestros esfuerzos en aquellos problemas que representan ese 80 %.

En este sentido, utilizamos el Gráfico de Pareto para:

- La mejora continua.
- El estudio de implementaciones o cambios recientes (cómo estaba antes – cómo esta después).
- Análisis y priorización de problemas (s. p.).

En la *Ilustración 8* se presenta un ejemplo de un diagrama de Pareto.

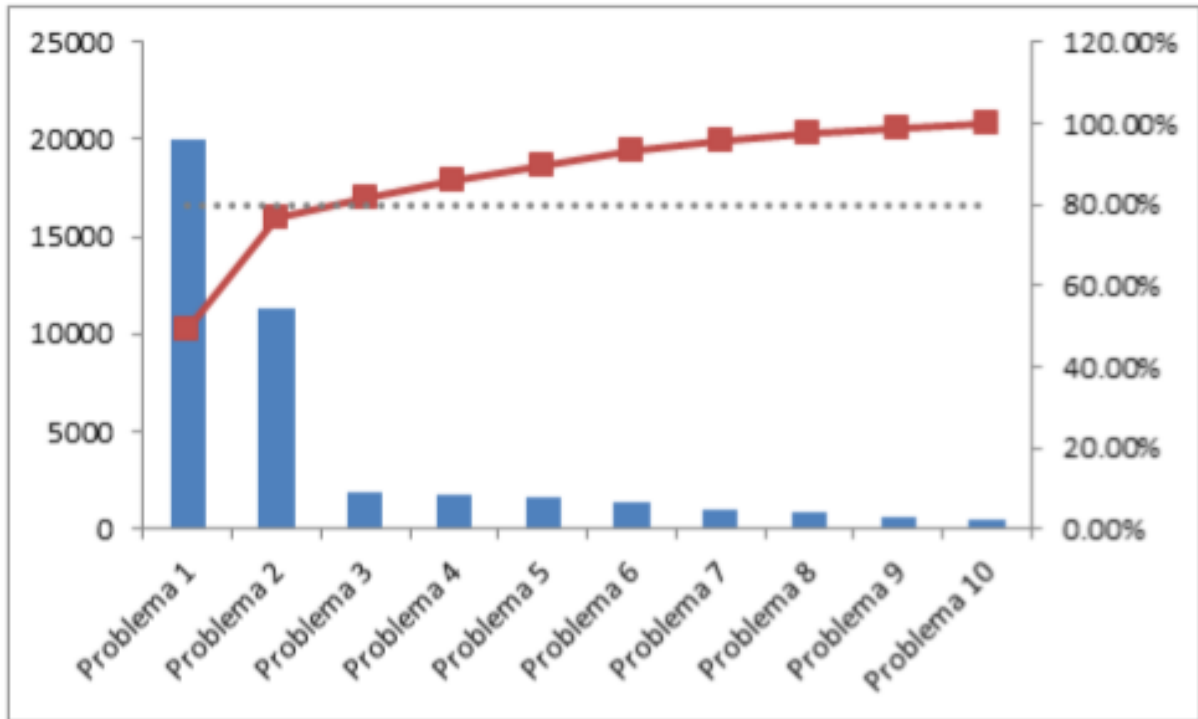


Ilustración 8. Ejemplo de Diagrama de Pareto

Fuente: elaboración propia.

## 2.1.4. Herramienta para recolectar información

### 2.1.4.1. Estudio de métodos

Según Betancourt (2019):

El estudio de métodos era una técnica para registrar y examinar de manera crítica y sistémica la forma actual y proyectada de realizar el trabajo en una organización para generar un producto o servicio. La ingeniería de métodos es sistemática. Esto significa que sigue un proceso estructurado para su aplicación a través de fases o etapas el cuales son:

- Etapa 1: Seleccionamos el trabajo para ser estudiado.
- Etapa 2: Registrar por observación directa.
- Etapa 3: Examinar lo registrado.
- Etapa 4: Idear o establecer el método.
- Etapa 5: Evaluar el método propuesto.
- Etapa 6 y 7: Definir e implantar el método propuesto.
- Etapa 7: Control la aplicación.

## 2.2. MARCO CONCEPTUAL ATINENTE A LA GESTIÓN DEL PROYECTO

### 2.2.1. DMAIC

Para poder realizar mejoras significativas de manera consistente dentro de una organización, es importante tener un modelo estandarizado de mejora a seguir. DMAIC es el proceso de mejora que utiliza la metodología Seis Sigma y es un modelo que sigue un formato estructurado y disciplinado. DMAIC consistente de 5 fases conectadas de manera lógica entre sí (Definir, Medir, Analizar, Mejorar, Controlar) ilustrado en la figura 1. Cada una de estas fases utiliza diferentes herramientas que son usadas para dar respuesta a ciertas preguntas específicas que dirigen el proceso de mejora (Ocampo y Pavón, 2012, s. p.).



*Ilustración 9.* Ciclo del proceso DMAIC

Fuente: elaboración propia.

#### 2.2.1.1. Definir

Es la fase inicial de la metodología en la que se identifican posibles proyectos de mejora para una compañía y, en conjunto con la dirección de la empresa, se seleccionan aquellos que se juzgan más prometedores. De acuerdo con Bersbach

(2009), para definir apropiadamente el problema deben responderse preguntas como:

- ¿Por qué es necesario hacer (resolver) esto ahora?
- ¿Cuál es el flujo de proceso general del sistema?
- ¿Qué se busca lograr en el proceso?
- ¿Qué beneficios cuantificables se esperan lograr del proyecto?
- ¿Cómo sabrá que ya terminó el proyecto (criterio de finalización)?
- ¿Qué se necesita para lograr completar el proyecto exitosamente? (s. p.).

### **2.2.1.2. Medir**

Una vez definido el problema se deben establecer las características que determinan el comportamiento del proceso (Brue, 2002). Para esto, es necesario identificar cuáles son los requisitos o características en el proceso o producto que el cliente percibe como clave (variables de desempeño) y que parámetros (variables de entrada) son los que afectan este desempeño.

A partir de estas variables se define la manera en la que será medida la capacidad del proceso, por lo tanto, es necesario establecer técnicas para recolectar información sobre el desempeño actual del sistema, es decir, si se cumplen las expectativas del cliente. Bersback (s. f.) afirma que esta etapa debe responder las siguientes preguntas:

- ¿Cuál es el proceso y cómo se desarrolla?
- ¿Qué tipo de pasos componen el proceso?
- ¿Cuáles son los indicadores de calidad del proceso y que variables de proceso parecen afectar más esos indicadores?
- ¿Cómo están los indicadores de calidad del proceso relacionados con las necesidades del cliente?
- ¿Cómo se obtiene la información?
- ¿Qué exactitud o precisión tiene el sistema de medición?
- ¿Cómo funciona el proceso actualmente? (s. p.).

### **2.2.1.3. Analizar**

Esta etapa tiene como objetivo analizar los datos obtenidos del estado actual del proceso y determinar las causas de este estado y las oportunidades de mejora. En esta fase se determina si el problema es real o es solo un evento aleatorio que no puede solucionarse usando DMAIC. Además, en esta etapa se seleccionan y se aplican herramientas de análisis a los datos recolectados en la etapa de Medir y se estructura un plan de mejoras potenciales para aplicarse en el siguiente paso. Esto se hace mediante la formulación de diferentes hipótesis y la prueba estadística de las mismas para determinar cuáles factores son críticos para el desempeño final del proceso. Las preguntas para contestar durante esta etapa son:

- ¿Qué variables de proceso afectan más la calidad (variabilidad del proceso) y cuales podemos controlar?
- ¿Qué es de valor para el cliente?
- ¿Cuáles son los pasos detallados del proceso?
- ¿Cuántas observaciones se necesitan para sacar conclusiones?

### **2.2.1.4. Mejorar**

Finalmente, una vez que se encuentra la manera de mejorar el desempeño del sistema se necesita encontrar una forma que asegure que la solución pueda sostenerse por un periodo largo. Para esto, debe diseñarse e implementarse una estrategia de control que asegure que los procesos se mantengan de forma eficiente.

Las preguntas que responder en esta etapa son:

- ¿Los resultados obtenidos se relacionan con los objetivos, entregables definidos y criterio de salida del proyecto?
- Una vez reducidos los defectos, ¿cómo se pueden mantener controlados los defectos?
- ¿Cómo se puede monitorear y documentar el proceso?

Para responder a estas preguntas se requerirán herramientas como el control estadístico, mediante gráficos comparativos y diagramas de control. Además, se usarán técnicas no estadísticas como la estandarización de procesos, controles visuales, planes de contingencia y mantenimiento preventivo, herramientas de planificación, etc.

### **2.2.2. El concepto Stakeholder**

La definición clásica de una parte interesada es “cualquier grupo o individuo que puede lograr o ser afectado por el logro de los objetivos de la organización” (Freeman, 1984, s. p.). En su concepto más amplio, la parte interesada representa una redefinición de todas las organizaciones: cómo deberían conceptualizarse y lo que deberían ser. La organización puede considerarse como una agrupación de partes interesadas y el propósito debe ser gestionar sus intereses, necesidades y puntos de vista.

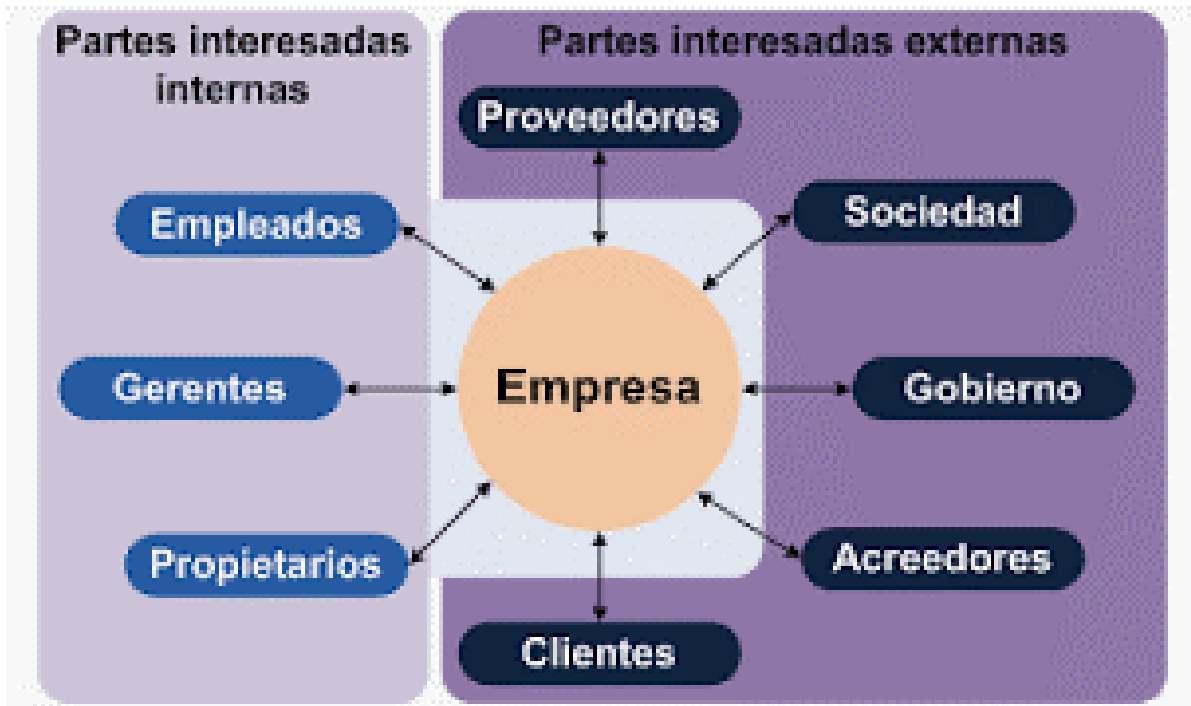


Ilustración 10. Ejemplo del diagrama de Stakeholder

Fuente: elaboración propia.

## **2.3. MARCO CONCEPTUAL REFERENTE AL IMPACTO DEL PROYECTO**

### **2.3.1. Impacto cultural**

Al implantar la separación de tareas de los operadores encargados del mantenimiento preventivo se garantiza una realización de las tareas de una manera armonizada, sin desplazamientos innecesarios, equidad en las cargas de trabajo y en un mayor orden en el piso de producción. Esto facilita las tareas asignadas a cada operador.

### **2.3.2. Impacto económico**

Las organizaciones buscan la rentabilidad, ya sea bienes o servicios al cual se encuentren dedicadas sus operaciones, por lo tanto, se reducen los tiempos improductivos de una empresa aumenta la disponibilidad del equipo y esta se ve beneficiada.

## 2.4. ANTECEDENTES DE PROYECTOS O EXPERIENCIAS

### SEMEJANTES

No se encontró un estudio previo del mantenimiento preventivo de las máquinas *Strip Line* ubicadas en Costa Rica en cuanto a su tiempo de duración. En Costa Rica, Samtec no es la única empresa que lleva a cabo el proceso de platinado por medio de electrolisis, existen empresas que hacen procesos similares de electro posición de partículas. Por lo tanto, no se podría descartar la existencia de problemas semejantes, aunque no se conoce ningún caso puntual. Estos son algunos ejemplos de empresas en Costa Rica que hacen el proceso de platinado:

- OPM Mecanizado de Precisión Olímpico: ubicada en la Zona Franca Metropolitana de Heredia, en esta se hacen trabajos partir de una amplia gama de metales como aluminio, cobre, aleaciones de níquel, acero inoxidable, titanio y aleaciones de cobalto.
- Trimpot-electrónicas-Itdda: ubicada en la Asunción de Belén, Heredia, se especializan en la manufactura de conectores eléctricos, por ejemplo, conectores de audio y video, conectores automotrices, conectores de fibra óptica, bloques terminales, conectores circulares, conectores placa a placa y *mezzanine*, etc.
- Galvanizadora Cemesa: ubicada 200 m al sur de la entrada de Walmart San Sebastián, hacen trabajos de galvanizado por inmersión en caliente, el cual garantiza una mejor protección de los metales contra la corrosión.

## **CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO**

### 3.1. METODOLOGÍA PARA LA DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

En la primera etapa de la metodología DMAIC es la definición del problema a estudiar y determinar si es viable destinar recursos para esta investigación.

- Actividades que se tratarán:
  - Definir el problema.
  - Establecer objetivos.
  - Identificar las necesidades del cliente.
  - Hacer mapeo de proceso.
  - Validar beneficios.
  
- Herramientas para utilizar:
  - Lluvia de ideas.
  - Observación.
  
- Responsables:
  - Gerencia del departamento.
  - Supervisores de producción.

## **3.2. METODOLOGÍA PARA LA MEDICIÓN Y RESPALDO CUALITATIVO DE PROYECTO**

En la segunda etapa de la metodología DMAIC que es medir se debe iniciar con una medición del estado actual del proceso, tema que ha quedado expuesto en las reuniones de producción.

- Actividades que se tratarán:
  - Desarrollar un sistema de recolección de datos.
  - Recolectar datos.
- Herramientas para utilizar:
  - Observación.
  - Diagrama analítico.
  - Diagrama de flujo.
- Responsables:
  - Gerencia del departamento.
  - Supervisores de producción.

### **3.3. METODOLOGÍA PARA LA PROPUESTA DE MEJORA, CONSTRUCCIÓN O PUESTA EN PRÁCTICA DE UN NUEVO PROCESO**

En la tercera etapa de la metodología DMAIC se analizan los datos recolectados de la situación actual del proceso de estudio. Una de las funciones principales es determinar posibles fallas en el sistema o en el procedimiento, así como priorizar las causas encontradas en el análisis y desarrollarlo en la investigación.

- Actividades que se tratarán:
  - Analizar los datos recolectados.
  - Determinar cuáles causas tienen mayor impacto y menos inversión.
  
- Herramientas para utilizar:
  - Observación.
  - Diagrama Ishikawa.
  - Diagrama de Pareto.
  
- Responsables:
  - Gerencia del departamento.
  - Supervisores de producción.

### 3.3.1. Diagrama de Ishikawa

El diagrama de Ishikawa muestra los posibles factores que se encuentran involucrados en un problema como:

1. Máquina.
2. Método.
3. Mano de obra.
4. Material.

Los cuatro factores descritos son los que se encuentran relacionados con el proceso del mantenimiento preventivo determinado previamente por una observación.

### 3.4. METODOLOGÍA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO

En la cuarta etapa de la metodología desarrollada en este proyecto, el cual es la implementación de la mejora, Samtec cuenta con un sistema establecido para la implementación de proyectos. Uno de sus principales factores es la aprobación por parte de ingeniería al tomar en cuenta los siguientes aspectos.

1. Viabilidad del proyecto.
  2. Costo de la mejora.
  3. Sostenibilidad en el tiempo.
  4. Tiempo para la implementación.
  5. Tipo de implementación (en el ámbito local o en el ámbito global).
- Actividades que se tratarán:
    - Selección de solución o soluciones.
    - Establecer un plan piloto.
    - Seleccionar soluciones con mayor impacto y menos inversión.
    - Evaluar cumplimiento de objetivos.
  - Herramientas para utilizar:
    - Plan piloto.

- Observación.
- Análisis costo beneficio.
- Responsables:
  - Gerencia del departamento.
  - Supervisores de producción.
  - Gerente a área técnica.
  - Departamento de Ingeniería.

### **3.5. METODOLOGÍA PARA LA VERIFICACIÓN, ASEGURAMIENTO, CONTROL Y SEGUIMIENTO DE RESULTADOS**

La metodología que se utilizará el seguimiento de resultados es la documentación.

Todo cambio en el proceso en función de la mejora continua debe ser registrado.

Para esto, se debe asignar un responsable para el control y seguimiento de las guías de trabajo por parte de los operadores, además, es necesario asegurar que todos los operadores se encuentren informados de esta nueva secuencia de actividades. La actividad es rotativa y para que todos los colaboradores trabajen con esta guía de actividades puede tomar 4 meses. Las funciones de las guías de trabajo deben ser impresas y colocarse en las estaciones de trabajo para que los asociados conozcan la secuencia de actividades más idónea, en función de una actividad de mantenimiento preventivo más viable.

- Actividades que se tratarán:
  - Establecer un mecanismo de control.
  - Establecer un plan a seguir.
- Herramientas para utilizar:
  - Documentar los resultados de todos los eventos en el futuro.
- Responsables:
  - Gerencia del departamento.

- Supervisores de producción.
- Gerente a área técnica.
- Departamento de Ingeniería.

Las *guías de actividades para cada operador* no sustituyen el documento controlado *Registro de Mantenimiento de la Línea Strip* que la empresa utiliza actualmente en el ámbito global. Esto requiere aprobaciones de casa matriz y después implementarlo en los dos centros de trabajo restantes (New Albany y China), centros de trabajos en los que los problemas de orgánicos no están presentes, situación que puede presentar obstáculos en la aprobación del documento. Este tema no será tratado en este proyecto.

## **CAPÍTULO IV. LÍNEA BASE Y ANÁLISIS DE CAUSA**

## 4.1. LÍNEA BASE DEL PROCESO

### 4.1.1. Proceso de Plating

Para tener un concepto más claro del enfoque del documento, es de interés profundizar en los siguientes conceptos:

- ¿Qué es el proceso de Plating?
  - ¿Qué es un pin?
  - ¿Qué material es el que se platina?
  - ¿Cómo está constituida la máquina o secuencia de proceso?
  - ¿Cuáles opciones de Plating procesan?
- 
- **Plating:** es el proceso de depositar partículas de metal, en el metal del pin, a través de una interacción eléctrica y química. Al crear una carga en el pin negativa y la carga opuesta en la celda química positiva, las partículas de metal en la celda son atraídas al pin.

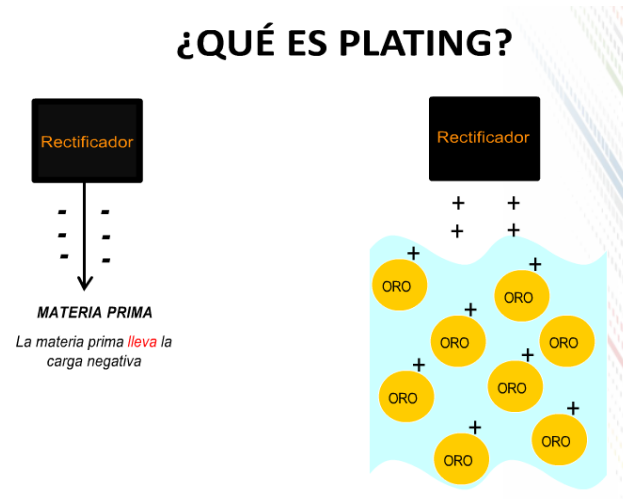


Ilustración 11. Proceso de Electroposición

Fuente: elaboración propia.

- **Pin:** material utilizado para la transferencia de señal.
- **Línea Strip Line Plating:** los pines vienen en una banda continúa denominado *reel* y estos son movilizadoss por las celdas químicas (de forma automática) lo que permite el platinado del pin.

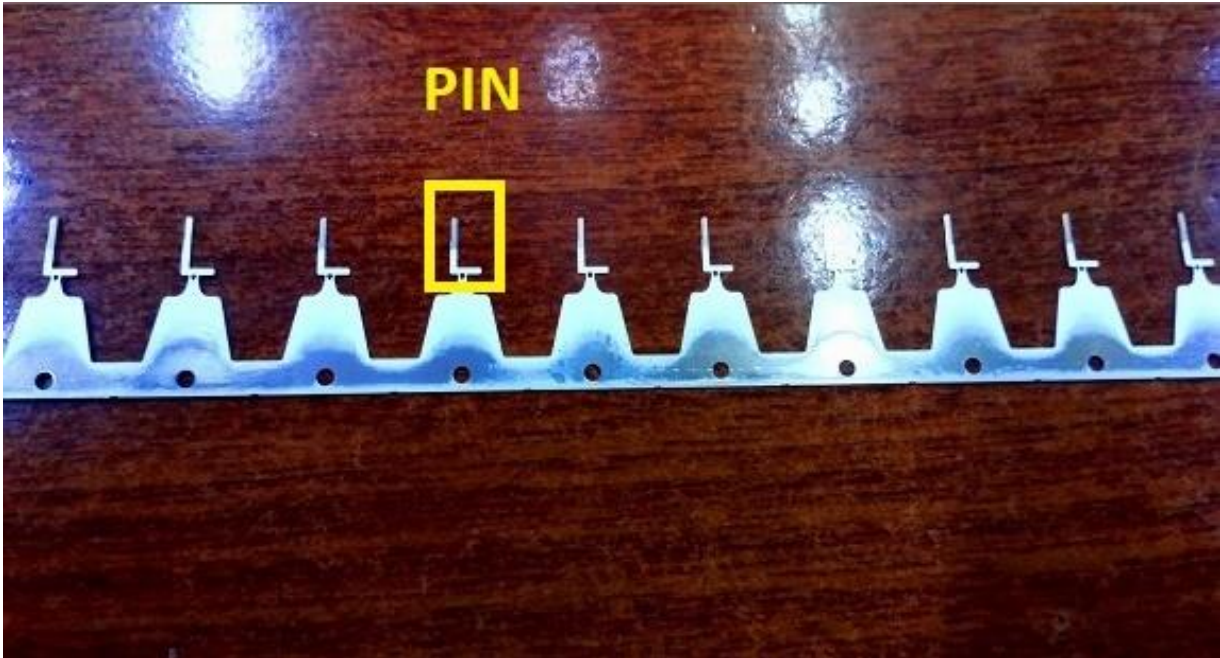
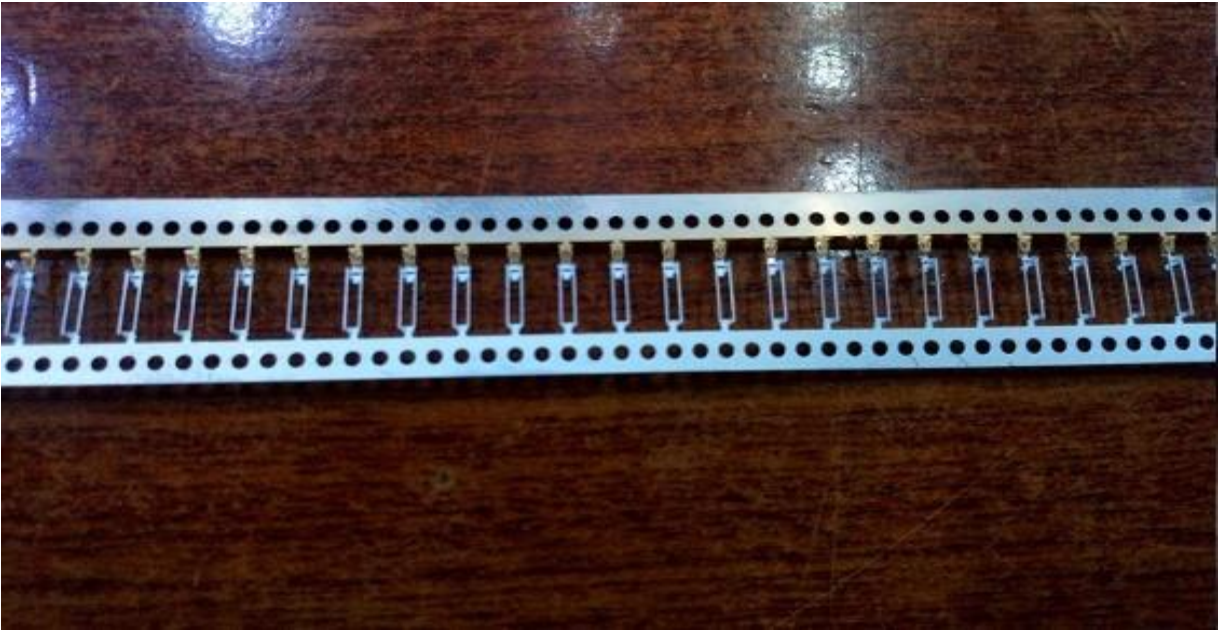


Ilustración 12. Reel de Plating

Fuente: elaboración propia.

El proceso de electroplatinado en la máquina *Strip Line* es continuo y el tiempo que el material está en determinada celda se relaciona con la velocidad de la línea, por ejemplo:

- Existen productos como canastas que la deposición es más compleja y, por ende, la velocidad de la línea es más lenta 8 PPM (*Ilustración 12*).



*Ilustración 13.* Pin forma de canasta

Fuente: elaboración propia.

- Existen productos de conexión sencilla que la deposición es más simple y, por ende, la velocidad de la máquina es más rápida 25 PPM (*Ilustración 13*).



*Ilustración 14.* Pin conexión sencilla

Fuente: elaboración propia.

#### 4.1.2. Opciones de Plating en relación con el oro

- Oro (G): confiable, buenos para varios acoples/ciclos, buena conductividad eléctrica.
- Estaño Mate (T): buena soldabilidad y conductividad, precio intermedio. Samtec también tiene la habilidad de platar estaño/plomo y estaño ácido brillante.
- Selective (S): *plating* controlado que permite dos metales externos diferentes en el pin.

#### 4.1.3. Diagrama de flujo

Para tener una perspectiva más clara, a continuación se presenta el diagrama de flujo de la secuencia de los procesos de la máquina *Strip Line*.

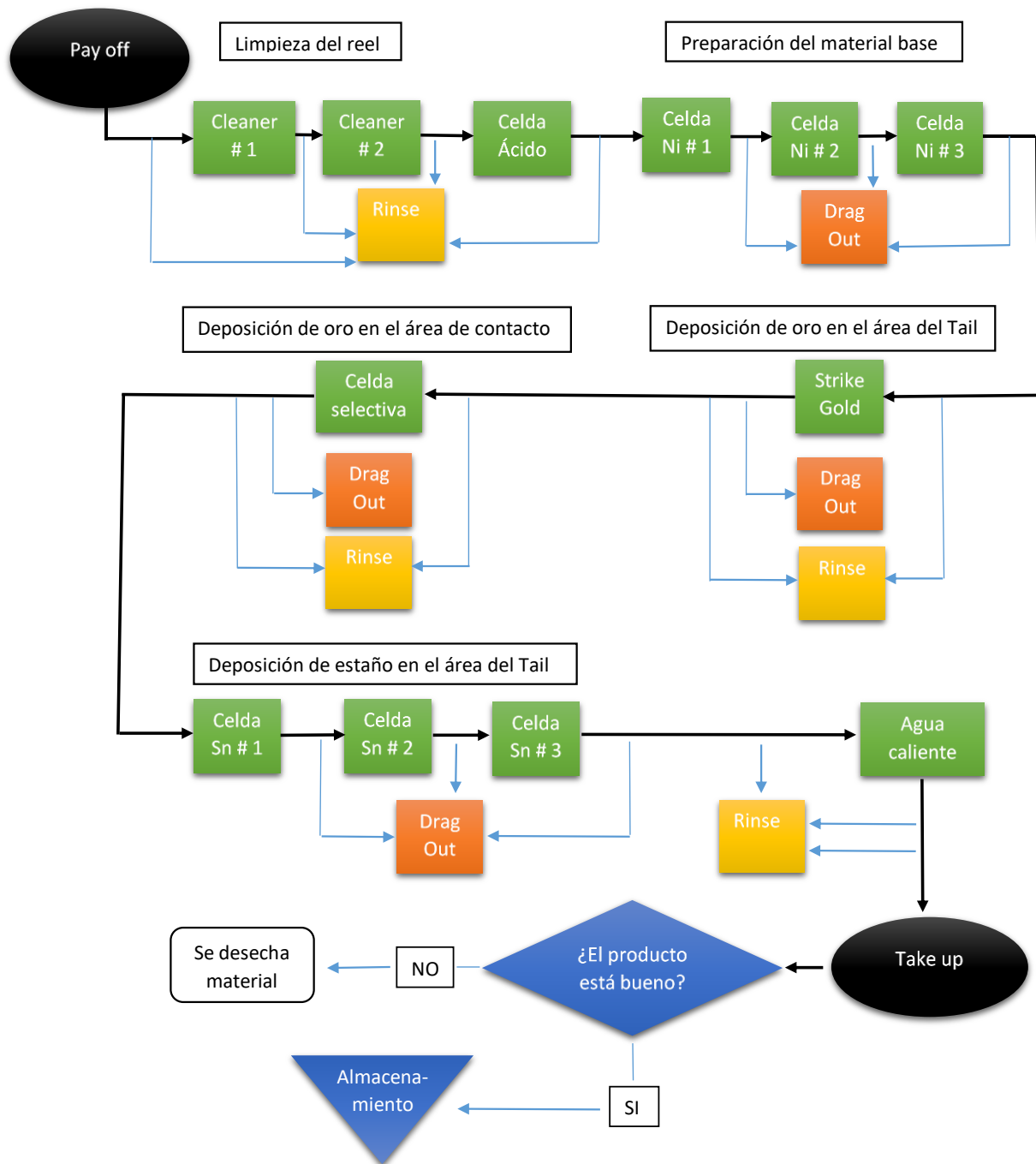


Ilustración 15. Diagrama de flujo de la máquina Strip Line

Fuente: elaboración propia.

#### 4.1.4. Constitución de la máquina de Costa Rica

Las máquinas de electroposición que están instaladas en Costa Rica son denominadas *dobles Strip Line*, ya que se pueden platar dos productos con

diferentes acabados en la misma máquina (cuenta con celdas independientes). Esto en oposición a las máquinas instaladas en New Albany y China que solo pueden platar un *reel* por máquina (estas son máquinas más antiguas).

## 4.2. ANÁLISIS DE CAUSA

### 4.2.1. Análisis de las posibles causas del problema

Para analizar las causas de tiempos de mantenimiento excesivos se decide iniciar con un diagrama de causa y efecto, más conocido como diagrama de Ishikawa. La intención es trazar una guía para la secuencia de la investigación.

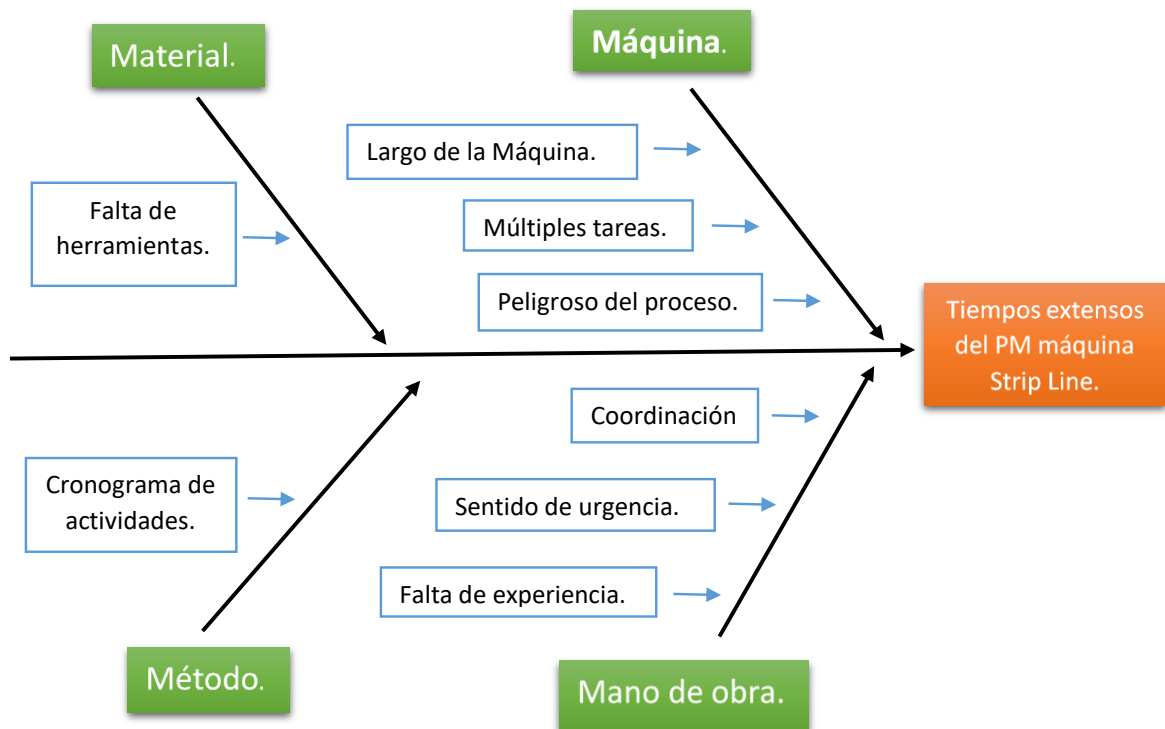


Ilustración 16. Diagrama Ishikawa del problema

Fuente: elaboración propia.

#### 4.2.1.1. Interpretación del diagrama anterior

A partir del diagrama de Ishikawa anterior muestra puntos de mejora que pueden ser determinantes en el momento de reducir los tiempos del PM, por ejemplo:

- La falta de herramientas y el estar en busca de estas provoca desplazamientos innecesarios y tiempos improductivos.
- No tener una guía de trabajo en cuanto a la secuencia de actividades para cada operador, esto provoca que los operadores se busquen mutuamente para ver cuáles tareas faltan.
- En la sección de la mano de obra se resalta la falta de experiencia, el sentido de urgencia y coordinación de los colaboradores. El factor humano se debe considerar en esta investigación.
- Se menciona el proceso peligroso, la seguridad es importante, ya que se trabaja con químicos. Es necesario trabajar de forma segura y con el equipo de protección personal en perfectas condiciones, en algunos casos requiere tiempo, por ejemplo, cambiar guantes cada vez que se dañen.
- Las dimensiones de la máquina también juegan un factor importante, ya que esta tiene 93 pies de largo, alrededor de 28.34 metros.

Para comprobar lo mencionado se decide hacer un mapeo del proceso del mantenimiento preventivo de las actividades de los asociados de producción. La lluvia de ideas para crear el Ishikawa se llevó a cabo con la colaboración de dos operadores para tener un contacto más directo con el problema. Se tomó en cuenta al ingeniero de proceso para obtener recomendaciones técnicas, el laboratorista para el criterio experto y el supervisor del área para un panorama más amplio de la realización del PM.

### 4.3. MAPEO DEL PROCESO ACTUAL

El mapeo de las actividades de los operadores del mantenimiento preventivo se hará de la siguiente forma:

- El método utilizado va a ser la observación y las muestras van a tomarse del turno nocturno 2B.
- No se dará ninguna instrucción a los operadores en cuanto la secuencia, ya que el objetivo es observar el estado actual.
- Se observarán por separado la secuencia de las actividades de ambos operadores con el título de:
  - Actividades operador 1.
  - Actividades operador 2.
- Se registrarán todos los movimientos de cada operador por separado.
- Se recopilará y analizará la información.
- Se llevará a cabo un diagrama analítico de la secuencia del mantenimiento preventivo para cada operador.
- Se trazará un mapa de ruta con la herramienta de diseño AutoCAD para observar el estado actual del mantenimiento preventivo.
- Se presentarán los resultados totales de esta primera observación

(sumatorias de datos ambos operadores).

#### 4.4. SITUACIÓN ACTUAL DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO

La muestra fue tomada en el mantenimiento preventivo de la máquina *Strip Line* 13/14 en el turno 2B el día 20 de junio del 2019 6:45 p. m.-2:00 a. m. Los datos obtenidos de la secuencia de actividades se tomaron por separado para cada operador, con el fin de conocer cada actividad y sus cargas de trabajo. Todos los movimientos se registraron y se tabularon, para crear un Diagrama Analítico para cada operador y sus tareas.

##### 4.4.1. Resultados primera observación en el PM operador # 1, primera observación

Los resultados se presentarán por separado para cada operador, para más detalles ver la Tabla 15 en la sección de anexos. Para un panorama más claro del Diagrama Analítico del operador # 1, a continuación se presenta la Tabla 1 con el resumen de estas actividades.

Tabla 1. Resumen del Diagrama Analítico operador # 1, primera observación

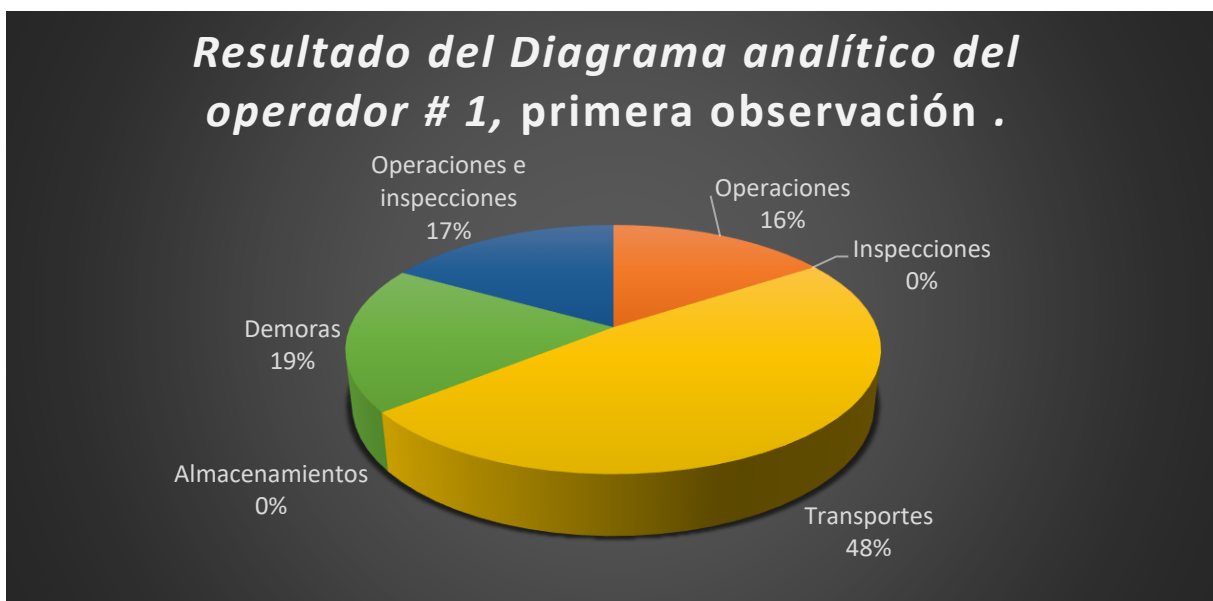
Tabla resumen del Diagrama Analítico operador # 1, primera observación.		
Actividad	Dato simple	Porcentaje
<b>Operaciones</b>	30	15.79%
<b>Inspecciones</b>	0	0.00%
<b>Transportes</b>	92	48.42%
<b>Almacenamientos</b>	0	0.00%
<b>Demoras</b>	36	18.95%
<b>Operaciones e inspecciones</b>	32	16.84%

**Tabla resumen del Diagrama Analítico operador # 1, primera observación.**

<b>Total de actividades</b>	190	100.00%
-----------------------------	-----	---------

Fuente: elaboración propia.

Como se observa en la Tabla 1, las operaciones y operaciones e inspecciones representan un 32.63 % de las actividades que agregan valor a esta actividad. El restante 67.37 % representa actividades improductivas como las demoras y los desplazamientos. En la *Ilustración 17* se presentan, de una forma gráfica, los resultados obtenidos de esta primera observación.



*Ilustración 17.* Resultado del Diagrama analítico del operador # 1, primera observación

Fuente: elaboración propia.

Según la *Ilustración 17*, los transportes representan un 48 % de estas actividades. Estos desplazamientos del operador no agregan valor al objetivo final de la actividad, por lo tanto, esta es una oportunidad de mejora. Cabe resaltar que hay desplazamientos que no se pueden eliminar, ya que la máquina es fija en su posición (no se pueden agrupar tareas donde el operador las logre hacer sin desplazarse), el

operador debe desplazarse para llevar a cabo la mayoría de las operaciones.

A partir de esta información se confeccionó un diagrama de recorrido del operador # 1 en la realización del PM, utilizando la herramienta AutoCAD. En este diagrama está representado todo el mantenimiento preventivo, 6 horas 45 minutos de trabajo continuo del operador #1. Para más detalles ver la *Ilustración 22* en la sección de anexos.

#### **4.4.2. Resultados primera observación en el PM operador # 2, primera observación**

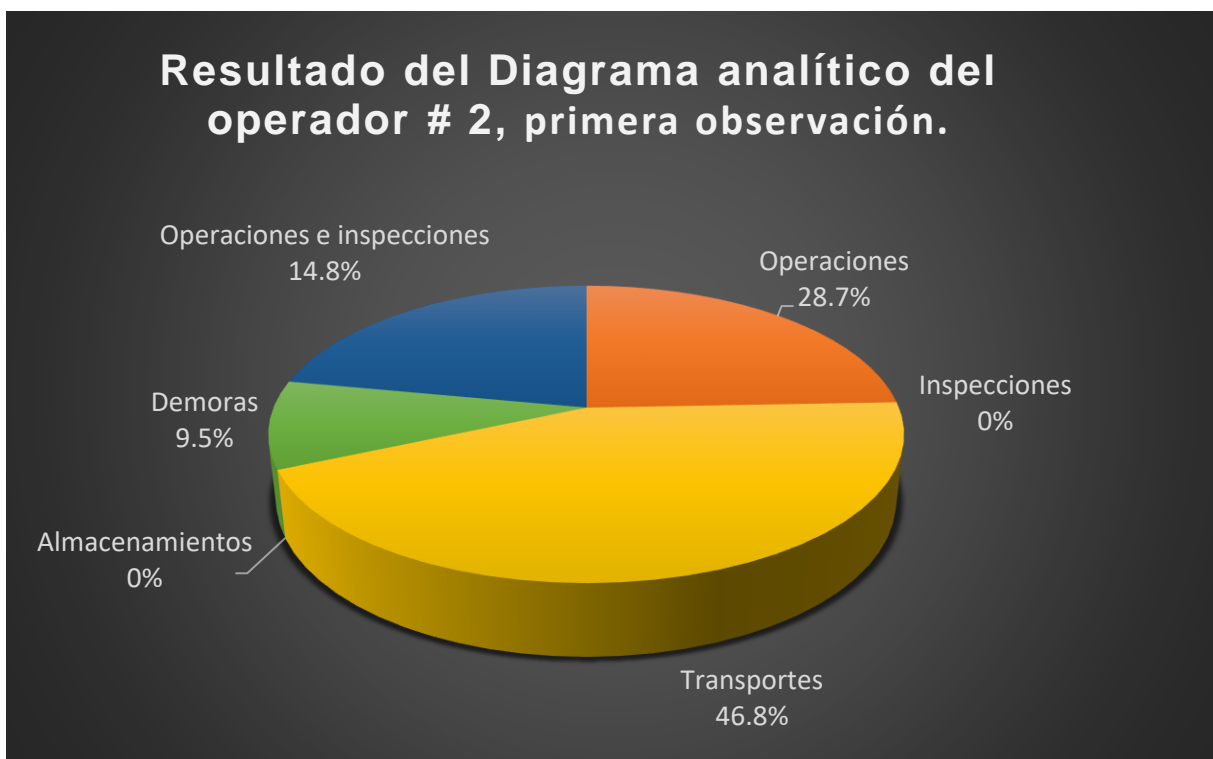
A continuación, se presentarán los resultados del Diagrama Analítico del operador # 2 en el mantenimiento preventivo en la máquina *Strip Line*. Para más detalles ver la Tabla 16, en la sección de anexos. Para tener un panorama más claro del resultado del diagrama, a continuación se presenta la Tabla 2 con el resumen de estas actividades.

Tabla 2. Resumen del Diagrama Analítico del operador # 2, primera observación

<b>Resumen del Diagrama Analítico del operador # 2, primera observación.</b>		
<b>Actividad</b>	<b>Dato simple</b>	<b>Porcentaje</b>
<b>Operaciones</b>	60	28.71%
<b>Inspecciones</b>	0	0.00%
<b>Transportes</b>	98	46.89%
<b>Almacenamientos</b>	0	0.00%
<b>Demoras</b>	20	9.57%
<b>Operaciones e inspecciones</b>	31	14.83%
<b>Total de actividades</b>	209	100.00%

Fuente: elaboración propia.

Como se observa en la Tabla 2 las operaciones y operaciones e inspecciones representan un 43.54 % de las actividades que agregan valor a esta actividad. El restante 56.46 % representa actividades improductivas como las demoras y los desplazamientos. Para representar de una forma gráfica los resultados del Diagrama analítico del operador # 2 se presenta la *Ilustración 18*.



*Ilustración 18.* Resultado del Diagrama analítico del operador # 2, primera observación

Fuente: elaboración propia.

#### **4.4.2.1. Interpretación del gráfico anterior**

Según la Ilustración, los desplazamientos en la realización del mantenimiento preventivo del colaborador representan un 46.8 % de las tareas llevadas a cabo. Al igual que el operador # 1, las tareas no se pueden agrupar para minimizar los desplazamientos del colaborador (el operador se tiene que desplazar a lo largo de la

línea). Además, se debe considerar que las actividades de los operadores son diferentes, las tareas del mantenimiento preventivo no se repiten, tampoco las hacen compartidas.

Al igual que con el operador # 1, los resultados del diagrama analítico del operador # 2 no muestran lo que pasa en el piso de producción en el momento de llevar a cabo el mantenimiento preventivo. Por lo mencionado, se llevó a cabo un diagrama de recorrido del operador # 2 en la realización del PM, utilizando la herramienta AutoCAD.

En este diagrama está representado todo el mantenimiento preventivo, de 6 horas 45 minutos de trabajo continuo del operador #2. Para más información del diagrama de recorrido ver la *Ilustración 23*, en la sección de anexos.

## 4.5. RESULTADO DEL ESTADO ACTUAL DEL PM

Después de primera observación y de la construcción del Diagrama Analítico para cada operador, se decide sumar los dos resultados de actividades de los colaboradores (actividades de operador # 1 más actividades de operador # 2). Esto con el objetivo que el plan de acción a seguir busque satisfacer las oportunidades de mejora para cada operador. A continuación, se presenta la Tabla 3 con la sumatoria de ambas actividades llevadas a cabo por los operadores involucrados en el mantenimiento preventivo.

Tabla 3. Sumatoria de actividades de ambos operadores en el PM, primera observación

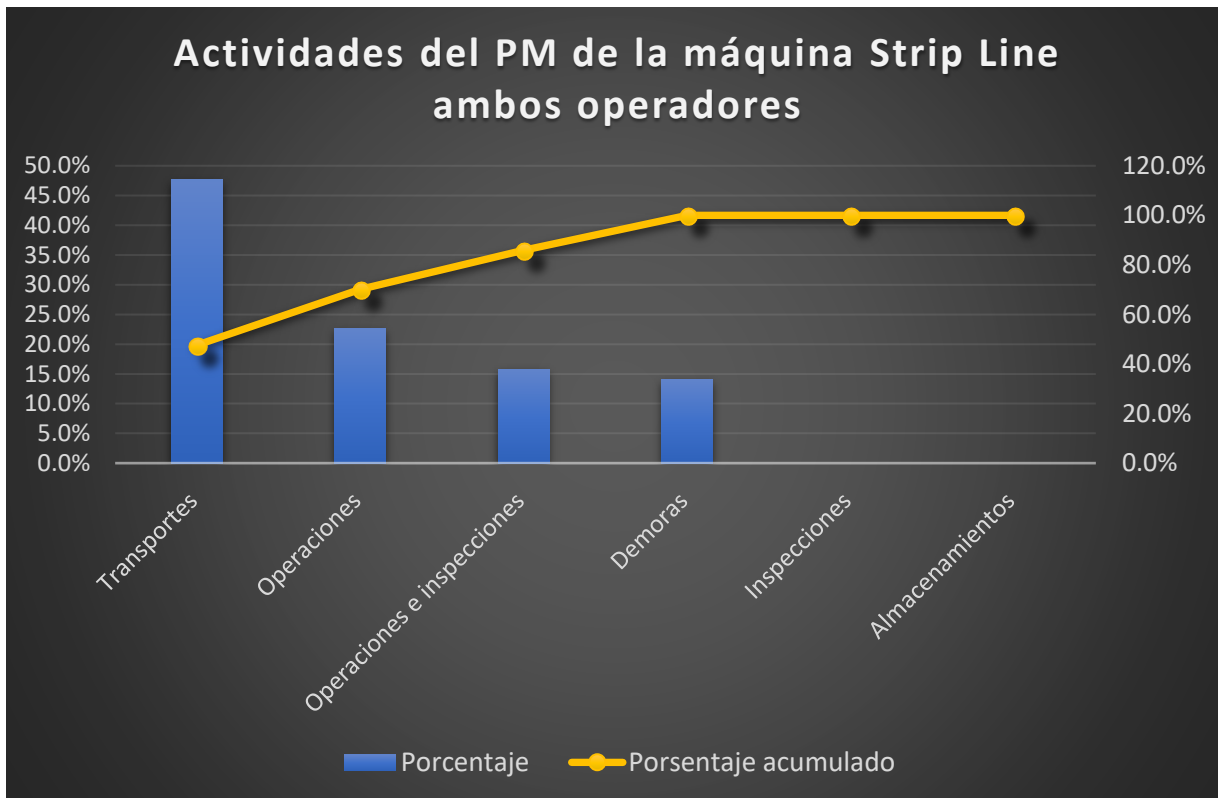
<i>Sumatoria de actividades de ambos operadores en el PM, primera observación.</i>			
<b>Actividad</b>	Total datos observados	Porcentaje	Porcentaje acumulado
<b>Transportes</b>	190	47.6%	47.6%
<b>Operaciones</b>	90	22.6%	70.2%
<b>Operaciones e inspecciones</b>	63	15.8%	86.0%
<b>Demoras</b>	56	14.0%	100.0%
<b>Inspecciones</b>	0	0.0%	100.0%
<b>Almacenamientos</b>	0	0.0%	100.0%

Fuente: elaboración propia.

### 4.5.1. Interpretación de la tabla anterior

Como se observa en la Tabla 3, las operaciones e inspecciones representan un 38% de las actividades que agregan valor a esta actividad. El restante 62% representa

actividades improductivas como las demoras y los desplazamientos. A partir de la tabla anterior se construye el Diagrama de Pareto para trazar el rumbo de la investigación del proyecto.



*Ilustración 19.* Diagrama de Pareto de actividades de ambos operadores, primera observación

Fuente: elaboración propia.

#### 4.5.2. Interpretación del gráfico anterior

A partir del Diagrama de Pareto, este proyecto se centrará en eliminar o reducir las actividades que no agregan valor al mantenimiento preventivo como:

- Los transportes que representan un 47.6 % de la actividad del mantenimiento preventivo (para consultar el reporte del tiempo oficial del mantenimiento preventivo registrado por la compañía, ver la *Ilustración 24* y la *Ilustración 25*, en la sección de anexos).

## 4.6. PLAN POR SEGUIR

- Análisis actual de secuencia de actividades.
- Segunda observación en función de puntos de mejora.
- Reducción de los desplazamientos.
- Reducción de las demoras (no objetivo principal).
- Crear una guía de trabajo con las actividades para cada operador.
- Dar a los operadores la guía de trabajo.
- Llevar a cabo la observación con la nueva guía de trabajo.
- Llevar a cabo el Diagrama Analítico con la nueva guía de trabajo.
- Analizar los datos obtenidos.
- Realizar ajustes de ser necesario (hacer una observación adicional).
- Crear el Diagrama de recorrido de cada operador en AutoCAD.
- Documentar los resultados.

## **4.7. SEGUNDA OBSERVACIÓN EN FUNCIÓN DE PUNTOS DE MEJORA**

Para reducir todas aquellas actividades que no agregan valor a la actividad del mantenimiento preventivo, se decide hacer una observación adicional del mantenimiento preventivo de la máquina *Strip Line*. El objetivo de esta observación no es anotar los movimientos de los operadores como en la primera ocasión, por el contrario, en esta oportunidad el objetivo principal es anotar todos los posibles puntos de mejoras para el colaborador en función de la actividad.

El otro objetivo de esta observación es tener un apoyo para trazar la guía de trabajo (separación de actividades) para cada operador lo más viable y ajustada a la realidad del proceso. En la actualidad, las tareas se las dividen los operadores en el paso de la marcha en el momento de llevar a cabo el PM, debido a esto surgen los desplazamientos entre ambos para ponerse de acuerdo sobre qué tarea harán y quién la hace.

La *observación en función de puntos de mejora* se hizo 04 de julio 2019 en el mantenimiento preventivo de la *Strip Line* 11/12. (los mismos colaboradores que participaron en la observación # 1) Las máquinas *Strip Line* son iguales, esta observación adicional en una máquina diferente no agrega variaciones al proceso del mantenimiento preventivo.

### **4.7.1. Observaciones de la segunda observación.**

- La máquina tiene superficies ásperas y los guantes se rompen con

facilidad lo que provoca constantes desplazamientos al dispensador de guantes.

- Los colaboradores se desplazan mutuamente para ponerse de acuerdo sobre cuál actividad será la siguiente.
- Desplazarse al panel de herramientas en busca de alguna llave y no encontrarlas provoca desplazamientos adicionales.
- Buscar al laboratorista para comunicarle que la máquina está lista para agregar los químicos de limpieza.
- La actividad de mayor atraso es la limpieza de los *Drag Out* de Níquel y no se le da la importancia necesaria como *primera prioridad*.
- El tiempo de limpieza de los *Drag Out* se pasa hasta en 20 min, por ejemplo:
  - El laboratorista al iniciar el enjuague indica a un operador la hora de finalización del mismo, pero este (operador) está en su tiempo de descanso a la hora límite del enjuague y el operador que está en el piso de producción no sabe la hora en que termina esta limpieza y el proceso se atrasa hasta que el operador que está en su tiempo de descanso se reincorpore a las actividades del PM.
- La segunda actividad de importancia es la limpieza de los tanques del *Cleaner* por el tiempo que consumen y esta actividad queda rezagada

porque la hace el mismo operador que limpia los *Drag Out* de Níquel.

- Tiempos extensos de drenado de los tanques de DO de Níquel (15 min).
- Las cargas de trabajo no están repartidas equitativamente en cuanto al tiempo de realización.
- Algunos desplazamientos no se eliminarán como:
  - Traslados a tanques y celdas para limpiarlos.
  - Traer y dejar aspiradoras.
  - Cerrar y abrir llaves de drenajes.
  - Limpiezas de aspiradoras.
- Se pueden eliminar desplazamientos como:
  - Cambios de guantes.
  - Busca de herramientas.
  - Busca del laboratorista.
  - Secuencia de actividades.
  - Repartir actividades en función del tiempo de duración.
  - Ayudas visuales para los tiempos de limpieza (el operador se trasladó donde el laboratorista para preguntar cuanto tiempo le

faltaba para drenar la solución).

- Coordinar el tiempo idóneo de los descansos para no generar más atrasos en la actividad.
- El operador ayuda con las tareas al laboratorista (pasar el ácido del tanque del ácido a los tanques de *Cleaner #1* y *Cleaner #2*).
- Cuando el operador avisa al laboratorista o al técnico, estos se quedan esperando hasta que el técnico o laboratorista se acerque a la línea.

#### **4.7.2. Crear una guía de separación de actividades para cada operador**

A partir de las anotaciones obtenidas con la segunda observación del mantenimiento preventivo de las máquinas *Strip Line* se continúa con la guía de separación de actividades para cada operador. Para más detalles de la guía de separación de actividades de trabajo para cada operador se puede consultar la Tabla 17 y la Tabla 18, en la sección de anexos.

Estas guías de trabajo se simplificaron, con el objetivo de ser amigables para los operadores, ya que estos conocen el proceso. Además, se agruparon algunas actividades o tareas, por ejemplo:

- Desechar solución de Níquel DO # 1, DO # 2 y DO # 3.

## 4.8. INSTRUCCIONES PARA LA TERCERA OBSERVACIÓN CON LA NUEVA GUÍA DE TRABAJO

La tercera observación se llevará a cabo con las siguientes instrucciones:

- Hacer una reunión con los operadores involucrados en el PM y explicar los objetivos para esta observación.
- Después de pasar los *Dummy Line* (línea de plástico tipo banda para sacar el material de la máquina) de cada línea, el operador # 1 traiga las aspiradoras mientras el operador # 2 se traslada a lo largo de la línea y drene todos los DO de la máquina.
- Seguir sin excepciones la *Guía y secuencia de actividades por operador* para cada asociado involucrado en el PM.
- Sustituir los guantes de GlovesNitrile por los guantes de High-risk-gloves, estos son más resistentes, de esta forma se reducirán los desplazamientos al dispensador de guantes.
- Utilizar una pizarra de acrílico para colocar la hora de inicio y la hora del final de cada *Leaching* (enjuague), con el fin de que cada operador esté informado.
- Entregar un bolso con herramientas necesarias a cada operador para evitar desplazamientos en busca de estas.
- Los tiempos de descanso se tomarán de forma alternada, al iniciar cada

*Leaching* de una hora, para evitar atrasos en la tarea de limpieza de los DO de Níquel.

- Que el laboratorista no espere que el asociado le llegue a avisar que el tanque está listo para el siguiente *Leaching*. El laboratorista deberá esperar 15 minutos después de la hora de finalización que anotó en la pizarra de acrílico y presentarse en la línea.
- El operador no debe ayudar al técnico o laboratorista con sus responsabilidades del PM (ellos disponen de tiempo para sus tareas).
- Al avisar al técnico o laboratorista, no esperar a que ellos terminen lo que están haciendo para que los acompañen a la línea (avisar y devolverse).
- No cambiar las placas del *Cleaner*, esta tarea es innecesaria (el *Leaching* que se hace en las dos celdas del *Cleaner* se hace con ácido al 20 %, esta es la misma concentración utilizada en la estación de limpieza de placas).
- No dejar las tareas incompletas, ya que se le puede olvidar culminarla.
- Cuando termina una tarea de aspirar dejar la aspiradora vacía, preferiblemente en la ubicación de la siguiente tarea, para no generar movimientos adicionales.
- Buscar al compañero de la línea para informar que tomará el tiempo del descanso.
- Ampliar la tubería de salida de los DO de Níquel de 1 pulgada a 2 pulgadas

como plan piloto (fue aprobado por parte gerente de los técnicos en la SL 13/14).

Se debe tomar en consideración:

- Aumentar la tubería de desagüe de 1" a 2", el tiempo de drenado se podría reducir hasta en un 50 %, pasando de 15 min del escenario actual a 7.5 min en el escenario estimado para que los tanques queden vacíos.
- Aumentar a 1.5" la tubería de drenado no fue viable por los costos en el cambio de la tubería y la reducción estimada sería un 25 %, esto da como resultado 11.25 min de tiempo de drenado.
- Aumentar a 3" la tubería se estima que se podría reducir en un 75 % el tiempo de drenado pasando así a 5 min el tiempo de espera, se consideró, pero fue descartado por los costos de cambiar la tubería, ya que estos son más altos y la diferencia con la tubería de 2 pulgadas es de 2.5 min.

Por todo lo mencionado, se aprobó como plan piloto aumentar la capacidad de la tubería de drenado de los tanques de DO de Níquel a 2 pulgadas.

## 4.9. DIAGRAMA ANALÍTICO CON LA NUEVA GUÍA DE TRABAJO

Una vez entregada la guía de trabajo a los operadores involucrados en el mantenimiento preventivo y con las expectativas claras, se continúa con la observación de esta actividad. En esta tercera observación, al igual que en la primera, se anotarán todos los movimientos de cada operador por separado y se tabularán.

### 4.9.1. Resultados tercera observación en el PM operador # 1

Para más información ver la Tabla 19 en la sección de anexos. A continuación se presentará la Tabla 4 con el resumen de los resultados de la tercera observación del operador # 1 en el mantenimiento preventivo de la máquina *Strip Line*.

Tabla 4. Resumen del Diagrama analítico operador # 1 Resultados

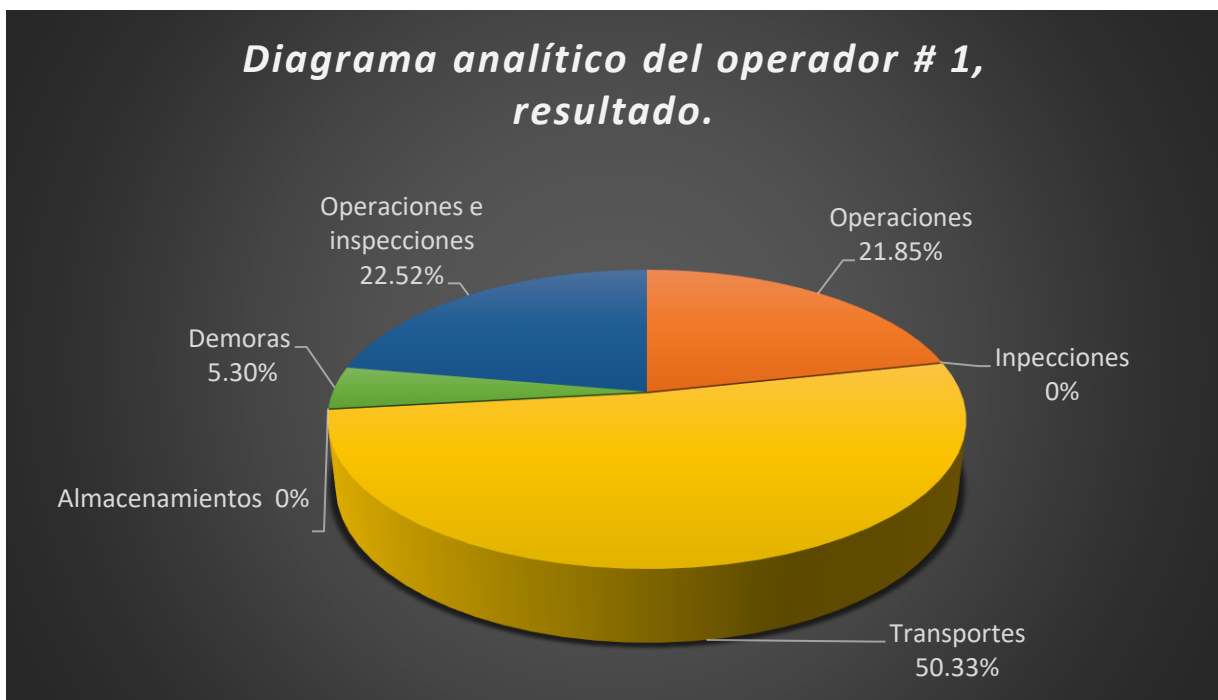
Resumen del Diagrama analítico operador # 1 Resultados		
Actividad	Dato Simple	Porcentaje
<b>Operaciones</b>	33	21.85%
<b>Inspecciones</b>	0	0.00%
<b>Transportes</b>	76	50.33%
<b>Almacenamientos</b>	0	0.00%
<b>Demoras</b>	8	5.30%
<b>Operaciones e inspecciones</b>	34	22.52%
<b>Total de actividades</b>	153	100.00%

Fuente: elaboración propia.

Según la Tabla 4, las operaciones y operaciones e inspecciones representan un 44.37 % y con esto un aumento del 11.74 % de las actividades que agregan valor

en comparación con la primera observación. El 55.63 % restante representa actividades improductivas como las demoras y los desplazamientos.

Cabe resaltar la variación que presentaron las demoras, pasó de un 18.95 % del total de los datos en la primera observación a un 5.30 %, en la tercera observación, con una diferencia de 13.65 %. Esto fue el resultado de la observación en busca de puntos de mejoras y las direcciones proporcionadas a los operadores, a pesar de que el objetivo principal era los desplazamientos. Los resultados de esta tercera observación se presentan en la *Ilustración 20*.



*Ilustración 20.* Diagrama analítico del operador # 1, resultado

Fuente: elaboración propia.

Los resultados obtenidos en esta tercera observación se reflejan en el piso de producción a través del diagrama de recorrido del operador #1 para establecer un antes y un después de la aplicación de este plan piloto y hacer comparaciones. Para

más información del diagrama de recorrido ver la *Ilustración 26* en la sección de anexos.

Al comparar ambos diagramas de recorrido (Diagrama de recorrido situación actual y Diagrama de recorrido situación resultado del operador #1) se observan:

- Menos movimientos erráticos.
- Desplazamientos armonizados.
- Desplazamientos con objetivos.

Esto se refleja en los 5 horas y 25 minutos de mantenimiento preventivo que demoró esta actividad en esta ocasión.

#### 4.9.2. Resultados tercera observación en el PM operador # 2

Para más información de los resultados obtenidos de esta tercera observación ver la Tabla 20 en la sección de anexos. En la Tabla 5 se presentan los resultados del operador # 2 en la tercera observación.

Tabla 5. Resumen del Diagrama analítico operador # 2, Resultados

Resumen del Diagrama analítico operador # 2 Resultados.		
Actividad	Dato simple	Porcentaje
Operaciones	54	35.06%
Inspecciones	0	0.00%
Transportes	64	41.56%
Almacenamientos	0	0.00%
Demoras	9	5.84%

Resumen del Diagrama analítico operador # 2 Resultados.		
<b>Operaciones e inspecciones</b>	27	17.53%
<b>Total de actividades</b>	152	100.00%

Fuente: elaboración propia.

De acuerdo con la Tabla 5 las operaciones y operaciones e inspecciones representan un 52.59 %, lo cual representa un aumento de 9.05 % de las actividades que agregan valor a esta actividad en comparación con la primera observación. El restante 47.41 % representa actividades improductivas como las demoras y los desplazamientos. Los resultados se presentan en la *Ilustración 21*.



*Ilustración 21.* Diagrama analítico del operador # 2, resultado

Fuente: elaboración propia.

Al igual que con el operador # 1, los resultados del diagrama analítico del operador # 2 expuestos en el gráfico anterior, no muestra lo que pasa en el piso de producción en el momento de llevar a cabo el mantenimiento preventivo. Para seguir

la misma línea de investigación se traza un segundo diagrama de recorrido del operador #2 para establecer un antes y un después de la aplicación de este proyecto y hacer comparaciones. La información del diagrama de recorrido se encuentra en la *Ilustración 27* en la sección de anexos. Al igual que el operador #1, al comparar ambos diagramas de recorrido (Diagrama de recorrido situación actual y Diagrama de recorrido situación resultado del operador #2) se observa:

- Menos movimientos erráticos.
- Desplazamientos armonizados.
- Desplazamientos con objetivos.
- Igualdad de tareas en cuanto al tiempo de duración.

El resultado se refleja en las 5 horas 25 minutos de mantenimiento preventivo que de demoró esta actividad en esta ocasión.

## 4.10. RESULTADO TOTAL DE LA PRUEBA DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Después de la construcción del Diagrama Analítico para cada operador en esta tercera observación, se decidió sumar los dos resultados de actividades de los colaboradores (actividades de operador # 1 más actividades de operador # 2) para hacer un resumen de resultados. En la Tabla 6 se presenta un resumen con la sumatoria de ambas actividades llevadas a cabo por los operadores involucrados en el mantenimiento preventivo en esta tercera observación.

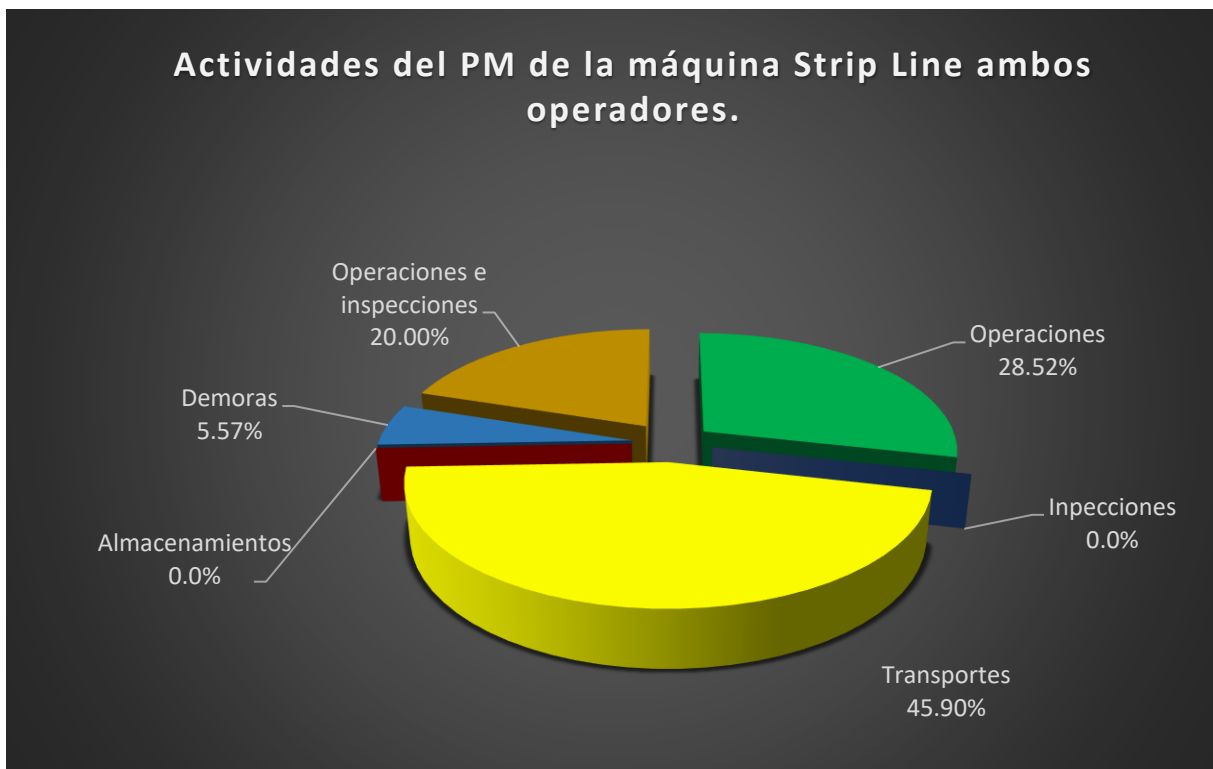
Tabla 6. Sumatoria de actividades de ambos operadores tercera observación

<b>Actividades del PM de la máquina <i>Strip Line</i> ambos operadores</b>			
<b>Actividad</b>	Total datos observados	Porcentaje	Porcentaje acumulado
<b>Transportes</b>	140	45.9%	45.9%
<b>Operaciones</b>	87	28.5%	74.4%
<b>Operaciones e inspecciones</b>	61	20.0%	94.4%
<b>Demoras</b>	17	5.6%	100.0%
<b>Inspecciones</b>	0	0.0%	100.0%
<b>Almacenamientos</b>	0	0.0%	100.0%

Fuente: elaboración propia.

Como se observa en la Tabla 6 las operaciones y operaciones e inspecciones representan un 48.5 %, lo cual representa un aumento de 10.5 % de las actividades que agregan valor a esta actividad en comparación con la primera observación.

El 51.5 % restante representa actividades improductivas como las demoras y los desplazamientos. En la *Ilustración 22* se presentan los resultados de la sumatoria de la actividad de mantenimiento preventivo de ambos operadores.



*Ilustración 22.* Sumatoria de actividades de ambos operadores en el PM

Fuente: elaboración propia.

## 4.11. COMPARACIÓN DIAGRAMAS ANALÍTICOS

En la Tabla 7 se presenta resumen de los diagramas analíticos del antes (primera observación estado actual) y el después (tercera observación y sus resultados del plan piloto), con el fin de hacer comparaciones de los resultados obtenidos. Los datos presentados para hacer la comparación son extraídos del sumatorio total de la primera observación y del sumatorio total de la tercera observación.

Tabla 7. Cuadro comparativo de los diagramas analíticos en la realización del PM

<b>Cuadro comparativo de los diagramas analíticos en la realización del PM</b>			
<b>Actividad</b>	Total de datos primera observación	Total de datos tercera observación	Diferencia %
<b>Operaciones</b>	90	87	-3.3%
<b>Inspecciones</b>	0	0	0.0%
<b>Transportes</b>	190	140	-26.3%
<b>Almacenamientos</b>	0	0	0.0%
<b>Demoras</b>	56	17	-69.6%
<b>Operaciones e inspecciones</b>	63	61	-3.2%
<b>Total de actividades</b>	<b>399</b>	<b>305</b>	<b>-23.6%</b>
<b>Horas utilizadas en el PM</b>	<b>6.75</b>	<b>5.41</b>	<b>-19.7%</b>

Fuente: elaboración propia.

Al comparar los resultados totales de esta tercera observación con la primera se pueden hacer las siguientes observaciones:

- Operaciones: en el mantenimiento preventivo se deben cumplir las mismas tareas, por lo tanto, no debería haber cambios en esta sección. Por el contrario, en la primera observación había 90 operaciones y en la tercera 87 operaciones, la tarea de quitar las placas del *Cleaner* para limpiarlas en la estación de ácido se eliminó, ya que el *Leaching* (limpieza) de los tanques del *Cleaner* se hace con ácido al 20 %, misma concentración que se utiliza en la estación de lavado de placas. Este cambio representa un -3.33 % en esta sección.
- Transportes: en la primera observación se anotaron un total de 190 transportes de ambos operadores en el mantenimiento preventivo, en la tercera observación se obtuvo 140 transportes, esto representa una reducción del 26.3 %.
- Demoras: a pesar de que el proyecto estaba enfocado en reducir los transportes, la demora tuvo un gran cambio debido a las medidas tomadas en la segunda observación (observación para la guía de trabajo en busca de mejoras). En la primera observación se obtuvieron 56 demoras, en la tercera observación 17, la diferencia es de 39 demoras menos y esto representa una reducción del 69.6 %.
- Operaciones e inspecciones: al eliminar una tarea de quitar las placas del *Cleaner* y lavarlas en la estación de ácido (procedimiento innecesario) se ve la reducción de 63 a 61 datos simples observados, con una diferencia de -3.2 %.

La sección de inspecciones y almacenamientos no se logran identificar en la actividad del mantenimiento preventivo de las máquinas *Strip Line* en las responsabilidades operacionales. Los resultados presentados son satisfactorios. El reporte del tiempo oficial del mantenimiento preventivo registrado por la compañía se presenta en la *Ilustración 28* y en la *Ilustración 29* en la sección de anexos.

## **CAPÍTULO V. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA SOLUCIÓN**

## 5.1. IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA DE MEJORA

A continuación se presentan una serie de propuestas para implantar la mejora de reducción de los tiempos de mantenimiento preventivo con responsabilidad operacional de las máquinas *Strip Line*.

### 5.1.1. Propuesta # 1. Sustitución de guantes de nitrilo por guantes de high risk

La máquina tiene superficies filosas y ásperas aparte de que algunas tareas son pesadas, por ejemplo: Una canasta de ánodos de Níquel pesa 10.2 kilogramos y el guante se rompe con facilidad con las esquinas de canasta metálica. Al sustituir los guantes de Nitrilo por unos guantes más resistentes el operador podrá llevar a cabo las tareas de una forma más fluida y evitar desplazamientos al dispensador ubicado en el centro de la línea. Además, en ocasiones el asociado no se percata que el guante está roto y continúa trabajando, en contacto directo con soluciones químicas peligrosas, por ejemplo:

- Según la hoja de especificaciones de agentes químicos MDS (Safety Data Sheet), conocidas comúnmente como las hojas de seguridad, el Níquel es un agente mutágeno y cancerígeno, siempre hay que usar EPP (equipo de protección personal) evitar el contacto directo y lavar de forma abundante si hubiese contacto con la piel.
- Según los puntos mencionados, sustituir los guantes por unos más resistentes implicaría no solo mejores resultados en cuanto a la reducción de desplazamientos, sino también a un operador más seguro en sus tareas

en el PM.

#### 5.1.1.1. Costo del cambio de guantes de nitrilo por los de alta resistencia

En la Tabla 8 se presenta una comparativa del costo de hacer el cambio de los guantes de Nitrilo por unos más resistentes.

Tabla 8. Comparativa de costos en \$ de guantes de Nitrilo vs. High risk

Comparativa de costos de guantes de Nitrilo vs. High risk en \$						
Tipo de guante	Unidades por caja	Costo por caja	Costo unitario	Unidades utilizadas en PM	Costo total	Aumento en el costo
<b>Guantes Nitrilo primera observación</b>	100	\$5.55	\$0.06	22	\$1.32	69.7%
<b>Guantes High risk segunda observación</b>	50	\$13.75	\$0.28	8	\$2.24	

Fuente: elaboración propia.

Según la Tabla 8, se reducirá el consumo en 12 pares de guantes en cada mantenimiento preventivo, esto representa una reducción de un 36 % en cuanto a este suministro. Además, existe un aumento en el costo del 69.7 % con el cambio del equipo de protección (utilizar los guantes de alta resistencia) que asciende a un monto de \$0.92 por mantenimiento. A pesar de este incremento, se obtiene una mayor protección del personal operativo.

#### 5.1.1.2. Responsable de aprobación

El gerente del área deberá tomar la decisión de aprobar el cambio en el equipo de

protección personal.

### **5.1.1.3. Responsable de seguimiento**

Cada supervisor (de aprobarse el cambio de guantes) en sus turnos serán los responsables de vigilar y proporcionar los guantes de alta resistencia a los operadores que se encuentren en tareas de mantenimiento preventivo.

### **5.1.2. Propuesta # 2. Utilizar una pizarra de acrílico en los DO de Níquel**

Al tener de una forma visible el tiempo de inicio y final de cada una de las limpiezas en los DO de Níquel, el personal estará pendiente, de forma proactiva, y el factor *descuido o falta de información* será menor. Será necesaria una sola pizarra de acrílico pequeña, ya que no estará fija en la máquina. La pizarra será portátil y se llevará a la línea cada vez que hay un PM se colocará en la parte superior de la máquina (sección de DO de Níquel).

#### **5.1.2.1. Costo de pizarra de acrílico**

En la actualidad, en el *Display room* se encuentran siete pizarras acrílicas pequeñas sin uso, una de estas se adaptaría con la información necesaria para utilizarla en los *Leaching* de DO de Níquel. Al utilizar de herramienta existente en el Área de Plating el costo de implementación no puede estimarse.

#### **5.1.2.2. Responsable de aprobación**

El gerente del área deberá tomar la decisión de aprobar el uso de las pizarras acrílicas.

### 5.1.2.3. Responsable de seguimiento

- El encargado de laboratorio será el responsable de comunicar a cada laboratorista de los 4 turnos el uso de las pizarras acrílicas.
- El laboratorista será el responsable de llevar la pizarra acrílica a la línea de producción y colocar la hora inicial del *leaching* apenas agrega el químico y ahí mismo colocar la hora final del enjuague (una hora después). Repetir los pasos antes mencionados para los 3 enjuagues en los DO de Níquel.
- Los operadores serán los responsables de monitorear la hora final de cada uno de los enjuagues para no generar espacios entre la hora de finalización de un enjuague y la preparación del tanque para el siguiente enjuague.
- El supervisor de turno será el responsable de que los dos puntos anteriores se cumplan.

### 5.1.3. Propuesta # 3. Aumentar de 1 pulgada a 2 pulgadas la tubería de drenado del DO de Níquel

Los tres tanques de DO de Níquel están conectados a una misma tubería de salida de 1 pulgada, el tiempo de drenado de la solución del DO de Níquel es de 15 min actualmente, al aumentar en un 100 % la tubería de salida del DO Níquel se estará reduciendo en un 50 % el tiempo de espera de drenado de estos tanques.

### 5.1.3.1. Costo de ampliación de tubería de drenado DO de Níquel

A continuación se presentará el costo de inversión que se ocuparía para la ampliación de la tubería de drenado del tanque de DO de Níquel para la máquina *Strip Line*.

Tabla 9. Costo en \$ de ampliación de tubería de drenado DO de Níquel

Ampliación de tubería de drenado de DO de Níquel			
Equipo	costo por unidad en \$	unidades utilizadas	costo total
Acople de ampliación de 1" a 2"	5.3	3	15.9
Acople de "2"	6.2	1	6.2
Acople de "3"	7.93	3	23.79
"T" de "2"	7.56	2	15.12
Tubo "3" (metro)	3.25	1.5	4.88
Tubo "2" (metro)	2.9	0.5	1.45
Codos "3"	8.9	4	35.6
Codos "2"	7.1	1	7.1
Conexión a manguera	4.2	6	25.2
Manguera (metro)	2.5	0.5	1.25
Pegamento	10.2	1	10.2
Cierra	1.75	1	1.75
Tiempo de trabajo (horas Técnico)	5.39	4	21.56
<b>Costo total instalación por máquina</b>		<b>\$170.00</b>	

Fuente: elaboración propia.

### 5.1.3.2. Interpretación de la tabla anterior

En la Tabla 9 se muestra el costo del plan piloto de aumentar la capacidad de la

tubería de drenado de los tanques de DO de Níquel en la máquina 13/14. En la tabla anterior, hay implementos de 3 pulgadas porque la tubería principal es de ese diámetro.

#### **5.1.3.3. Responsable de aprobación**

El gerente del Área de Producción, en conjunto con el gerente del Área Técnica, deberá tomar la decisión de aprobar la ampliación de la tubería de drenado de DO de Níquel para las 6 máquinas restantes.

#### **5.1.3.4. Responsable de seguimiento**

El encargado del Área Técnica será el responsable de comunicar a los técnicos y coordinar los trabajos de ampliación de esta tubería para todas las máquinas *Strip Line*.

#### **5.1.4. Propuesta # 4. Utilizar guía y secuencia de actividades por operador**

Al tener una guía de tareas ya establecidas para cada operador reduce desplazamientos innecesarios para ponerse de acuerdo cuando el PM está en proceso. Además, al separar las tareas de forma equitativa, tanto por tiempo de operación como por carga de trabajo, los operadores ven equilibradas las cargas del mantenimiento preventivo, asimismo, tomar ventaja de la amabilidad y flexibilidad del compañero para no llevar a cabo tareas tediosas no será una opción.

##### **5.1.4.1. Costo de implementación Guía y secuencia de actividades por operador**

Las guías y secuencias de actividades por operador para las tareas del

mantenimiento preventivo serán impresas y colocadas en la estación de trabajo de cada máquina.

Tabla 10. Costo en \$ de la implementación de guía de secuencia de actividades para cada operador

<b>Costo de implementación de guía de secuencia de actividades para cada operador en \$</b>			
<b>Equipo</b>	<b>costo por unidad</b>	<b>Unidades Necesarias</b>	<b>Costo total</b>
<b>Impresión guía de secuencia</b>	3	14	42
<b>Costo de desarrollo de guía (horas estimadas)</b>	0	36	0
<b>Charla para utilización de guía (horas)</b>	0	1	0
<b>Colocar guías en las máquinas (horas)</b>	4	1	4
<b>Costo total</b>			<b>\$46</b>

Fuente: elaboración propia.

Según la Tabla 10, en los costos de análisis, el desarrollo de guía y la charla explicativa para un mejor aprovechamiento de la herramienta serán proporcionados por el autor del presente documento. La empresa procederá con la impresión en forma de afiches de las *guías de actividades para cada operador*, que aparecen en la sección de anexos.

#### **5.1.4.2. Responsable de aprobación**

El gerente del área deberá tomar la decisión de aprobar la *Guía y secuencia de actividades* por operador.

#### **5.1.4.3. Responsable de seguimiento**

Cada supervisor (de aprobarse la guía) será responsable de vigilar, monitorear y

corregir cualquier desviación en la secuencia de las actividades prescrita para cada operador.

#### **5.1.5. Propuesta # 5. No quitar las placas del Cleaner de las celdas**

Como se mencionó en la sección 4.8, esta tarea es innecesaria (el *Leaching* que se hace en las dos celdas del *Cleaner* se lleva a cabo con ácido al 20 % misma concentración utilizada en la estación de limpieza de placas). Sin embargo, el encargado de laboratorio menciona que este paso puede ser omitido, ya que la tarea de limpiar las placas del *Cleaner* con ácido a una concentración del 20 % sí se lleva a cabo.

##### **5.1.5.1. Costo de no quitar las placas del Cleaner para su limpieza**

No hay costos asociados al eliminar esta tarea.

##### **5.1.5.2. Responsable de aprobación**

El gerente del área con el responsable del laboratorio deberá tomar la decisión de aprobar la propuesta.

##### **5.1.5.3. Responsable de seguimiento**

Cada supervisor (de aprobarse el cambio) será responsable de monitorear este cambio.

#### **5.1.6. Propuesta # 6. Asignar un bolso con herramientas por línea**

Asignar un bolso con la herramienta necesaria en el Área de Plating a cada una de

las líneas con la herramienta debidamente marcada. Solo se necesitarán 14 unidades con herramientas. El operador le dará uso a este equipo mientras se encuentre en la compañía, en el momento de culminar su jornada laboral, el colaborador entregará el bolso con la herramienta al compañero que llega a recibir la línea. Cuando no está programado correr una línea por vacaciones o ausentismo o cualquier otro motivo el bolso se entregará al supervisor del turno entrante.

#### 5.1.6.1. Costo de los bolsos

A continuación se presenta el costo de un bolso y sus herramientas necesarias en el piso de producción.

Tabla 11. Costo en \$ de un bolso y su herramienta

<b>Costos en \$ de un bolso y sus herramientas</b>			
<b>Tipo de herramienta</b>	<b>unidades</b>	<b>Costo en \$ por unidad</b>	<b>costo total en \$</b>
<b>ALLEN-WRENCH-3/16</b>	1	0.62	0.62
<b>ALLEN-WRENCH-5/32</b>	1	0.55	0.55
<b>ALLEN-WRENCH-1/8</b>	1	1.25	1.25
<b>MIRROR-TELESCOPING</b>	1	6.17	6.17
<b>PENLIGHT-LED-BLK-24L</b>	1	17.6	17.6
<b>LIGHTWEIGHT-SCISSORS</b>	1	11.91	11.91
<b>COMBO-WRENCH-9/16</b>	1	8.38	8.38
<b>COMBO-WRENCH-7/16</b>	1	6.9	6.9
<b>STUBBY SCREWDRIVERS</b>	1	4.33	4.33
<b>STORAGE BAGS</b>	1	8.33	8.33
<b>Costo total por bolso.</b>		<b>\$66.04</b>	

Fuente: elaboración propia.

#### **5.1.6.2. Interpretación de la tabla anterior**

El costo por bolso de \$66.04 y la cantidad de bolsos que se necesitan es de 14 unidades lo que da como resultado \$924.56 de inversión para asignar un bolso por línea. Cabe mencionar que el costo de implantar los bolsos con la herramienta no será de un 100 %, ya que parte de la herramienta se encuentra en los paneles ubicados en el centro de la línea. Para efectos de esta investigación el costo se asumirá de forma total.

#### **5.1.6.3. Responsable de aprobación**

El gerente del área deberá tomar la decisión de aprobar la propuesta.

#### **5.1.6.4. Responsable de seguimiento**

Cada supervisor (de aprobarse la propuesta) será responsable de vigilar y cuidar los bolsos y las herramientas que contiene. El supervisor podrá asignar a un asociado responsable para esta tarea.

## 5.2. RESULTADOS DE LA IMPLEMENTACIÓN

Al iniciar la investigación del mantenimiento preventivo en las máquinas de *Strip Line* y según resultado del primer diagrama analítico el tiempo estimado era de 6 horas 45 minutos. Como se puede observar en el diagrama analítico de la tercera observación, el tiempo total del mantenimiento preventivo es de 5 horas 25 minutos. En resumen, la reducción del mantenimiento preventivo es de 1 hora con 20 minutos, es decir, un 19.7 % lo que resulta en el cumplimiento del objetivo general de esta investigación.

### 5.2.1. Costo total del beneficio

En la actualidad, la empresa tiene un costo estimado de una máquina detenida de \$220 por hora (esto contempla ambas líneas), por ejemplo SL 13/14. En caso de aprobarse los cambios en el mantenimiento preventivo, en la Tabla 12 se presenta el valor del ahorro de reducir 1.33 horas de cada PM en las 7 máquinas que trabajan en CR en un periodo de 1 mes.

Tabla 12. Valor del beneficio al reducir de 1.33 horas por PM de implementarse el proyecto

Ahorro en reducción de implementarse la propuesta.					
<i>Strip Line</i>	PM por mes	Reducción por PM (horas)	Reducción total (horas) PM mes	Costo 1 hora máquina detenida	Ahorro total por mes
SL 1/2	2	1.33	2.66	220	585.2
SL 3/4	2	1.33	2.66	220	585.2
SL 5/6	2	1.33	2.66	220	585.2
SL 7/8	2	1.33	2.66	220	585.2

<b>Ahorro en reducción de implementarse la propuesta.</b>					
<b>SL 9/10</b>	2	1.33	2.66	220	585.2
<b>SL 11/12</b>	2	1.33	2.66	220	585.2
<b>SL 13/14</b>	2	1.33	2.66	220	585.2
<b>total</b>	<b>14</b>	<b>9.31</b>	<b>18.62</b>	<b>220</b>	<b>\$4,096.40</b>

Fuente: elaboración propia.

Como se mencionó en el Capítulo IV, cada máquina está constituida por dos líneas independientes, a este se debe en nombre de la máquina, por ejemplo SL 1/2. De aprobarse los cambios, reducir 1.33 horas en cada PM y al proyectar los resultados a las máquinas restantes se podría reducir en total 19.31 horas improductivas cuyo valor estimado es de \$4,096.40 al mes.

### 5.3. BENEFICIOS DE LA PROPUESTA

Al reducir el tiempo de paro de la máquina *Strip Line*, esta estará disponible para producir en un tiempo menor generando la operación más rentable. En la Tabla 13 se presenta el valor de inversión que la empresa deberá asumir para implantar todas las propuestas planteadas en este documento y el beneficio es estas propuestas retribuirán a la compañía.

Tabla 13. Costos de inversión vs. beneficios de propuestas primer mes

<b>Costos de inversión vs. beneficios en el primer mes.</b>		
<b>Propuestas</b>	<b>Inversión</b>	<b>Beneficio</b>
<b>Propuesta # 1, Cambio de guantes de Nitrilo por High risk</b>	-\$30.80	
<b>Propuesta # 2, Utilizar la pizarra de acrílico</b>	\$0.00	
<b>Propuesta # 3, Ampliación de tubería de drenado de DO de Níquel a 2"</b>	-\$1,189.97	
<b>Propuesta # 4, Impresión guía de actividades para cada operador</b>	-\$46.00	
<b>Propuesta # 5, No quitar las placas del <i>Cleaner</i></b>	\$0.00	
<b>Propuesta # 6, Costos de un bolso y sus herramientas (14 unidades)</b>	-\$924.56	
<b>Total costos de inversión</b>	-\$2,191.33	
<b>Valor de la reducción del tiempo de paro.</b>		\$4,096.4
<b>Beneficio de las propuestas</b>		\$1,905.1

Fuente: elaboración propia.

#### 5.3.1. Interpretación de la tabla anterior

Como se puede observar en la Tabla 13, el valor del beneficio al reducir el tiempo del PM en 1.33 horas es de \$4,096.4 mensuales en todas las máquinas de platinado, a esto se debe deducir el costo de inversión del primer mes para impulsar el proyecto

que es de \$2,191.33 dando como beneficio \$1,905.1 en el primer mes. Para el segundo mes los costos cambian. En la Tabla 14 se presentan los costos asociados del segundo mes para mantener las propuestas planteados.

Tabla 14. Costos de inversión vs. beneficios de propuestas segundo mes

<b>Costos de inversión vs. beneficios segundo mes.</b>		
<b>Propuestas</b>	<b>inversión</b>	<b>Beneficio</b>
<b>Propuesta # 1, Cambio de guantes de Nitrilo por High risk</b>	-\$30.80	
<b>Propuesta # 2, Utilizar la pizarra de acrílico</b>	\$0.00	
<b>Propuesta # 3, Ampliación de tubería de drenado de DO de Níquel a 2"</b>	\$0.00	
<b>Propuesta # 4, Impresión guía de actividades para cada operador</b>	\$0.00	
<b>Propuesta # 5, No quitar las placas del <i>Cleaner</i></b>	\$0.00	
<b>Propuesta # 6, Costos de un bolso y sus herramientas (14 unidades)</b>	\$0.00	
<b>Total costos de inversión</b>	-\$30.80	
<b>Valor del beneficio de implementarse las propuestas.</b>		\$4,096.4
<b>Beneficio de la propuesta</b>		\$4,065.6

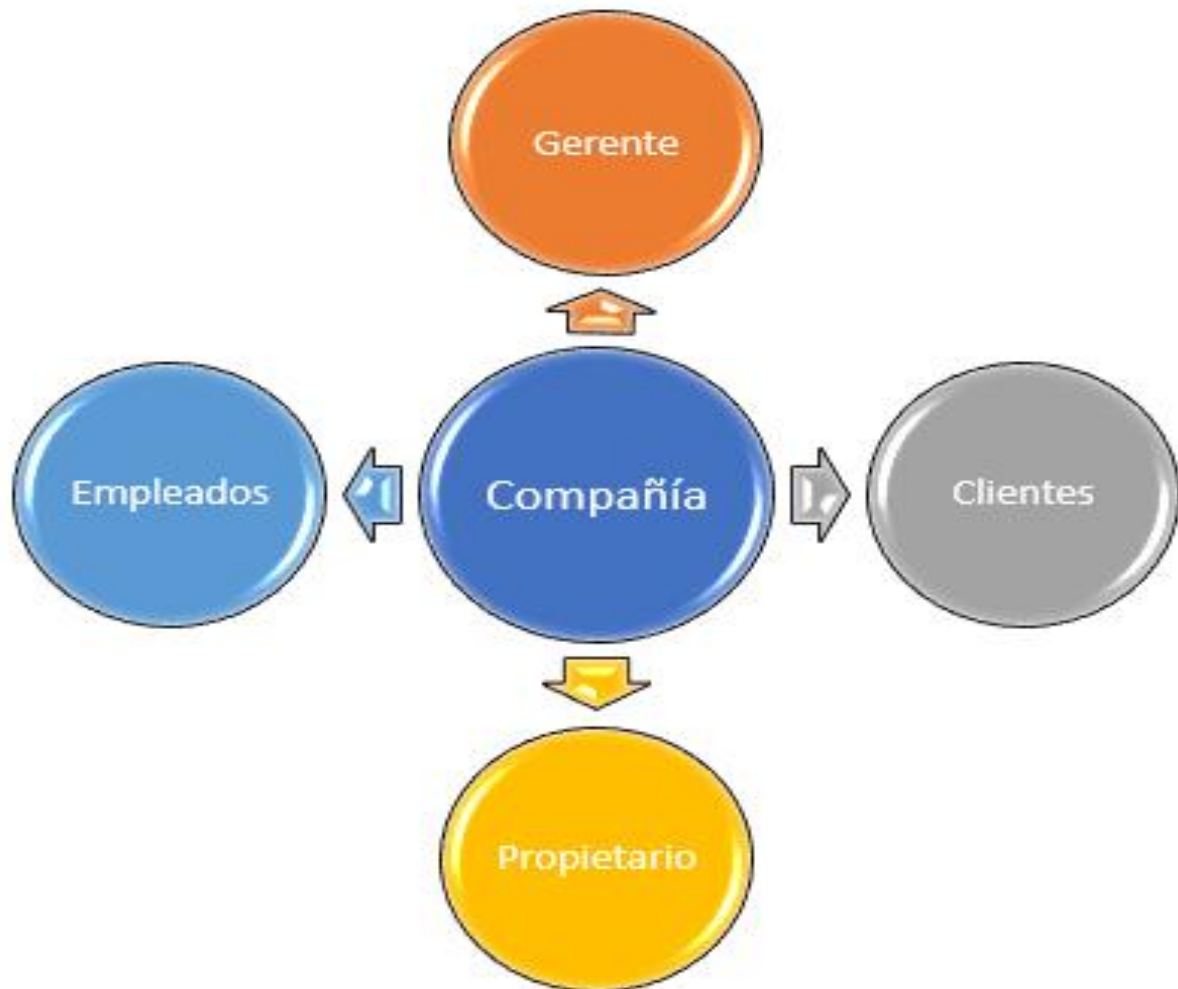
Fuente: elaboración propia.

### 5.3.2. Interpretación de la tabla anterior

Si comparamos el beneficio total del primer mes (\$1,905.1) con el beneficio del segundo mes (\$4,065.6) la diferencia del beneficio aumentaría en más de un 100 % en el segundo mes de aplicación. A partir de lo anterior, se puede cuantificar el ahorro anual de implementar la propuesta, en el primer mes se considera un ahorro de \$1,905.1 sumado a los 11 meses restantes con un monto de \$4,065.6 para cada mes, el total de ahorro en el año es de \$46,626.7.

## 5.4. DIAGRAMA DE STAKEHOLDER

Es diagrama de Stakeholder tiene como objetivo valorar la relevancia de las mejoras implementadas (en este documento como plan piloto) con las áreas de interés de la compañía.



*Ilustración 23.* Diagrama de Stakeholder

Fuente: elaboración propia.

Es el anterior diagrama de Stakeholder se puede observar a la compañía en el eje central y en los costados las áreas de interés y se pueden mencionar las siguientes observaciones:

1. Empleados: en esta sección se pueden anotar lo siguiente:
  - Al utilizar guantes con una mayor resistencia se reduce las posibilidades de que el guante se rompa de forma accidental y que la piel del asociado esté en contacto directo con las soluciones químicas, lo que produce complicaciones a corto, mediano y largo plazo.
  - La separación de tareas para cada operador permite equiparar las cargas de trabajo de ambos operadores en una tarea que por sí sola demanda esfuerzo adicional.
  - Al reducir los desplazamientos en la realización del PM, el colaborador va a ver maximizado su tiempo efectivo y los movimientos innecesarios no van a estar presentes, esto reduce la fatiga del operario en esta tarea.
2. Gerente: al reducir el mantenimiento preventivo en un 19.7 % en la implementación del proyecto propuesto en este documento se logrará un mejor rendimiento del Área de Producción (Plating Costa Rica) el cual, en la actualidad, está en una posición complicada, en comparación con las otras áreas dedicadas al mismo proceso de Plating ubicadas en New Albany y China.
3. Propietario: al maximizar el rendimiento de un Área de Producción el cual es el inicio de todo el proceso productivo, el dueño logrará:

- Percibir los mismos ingresos o beneficios con menos costos de fabricación.
  - Una operación más rentable e ingresos a la compañía.
  - Mejores tiempos de entrega de producto al cliente.
  - No aumentar los precios de sus productos a los clientes por costos de fabricación.
  - Clientes satisfechos por el servicio.
4. Cliente: la razón de ser de cada compañía es ofrecer un producto de acuerdo con las necesidades del cliente y en los plazos establecidos, según convenios previos. Con la satisfacción de los dos puntos anteriores, además de no tener variaciones en los precios del producto final, se garantiza una larga relación proveedor-cliente.

## **CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## 6.1. CONCLUSIONES

Con esta investigación se llegó a las siguientes conclusiones:

- Al reducir los tiempos del mantenimiento preventivo habrá un mayor aprovechamiento del equipo instalado en el departamento productivo y, como resultado, una operación más rentable.
- La seguridad no fue uno de los objetivos de esta investigación, pero esto no quiere decir que se puede dejar de lado, utilizar unos guantes de mayor resistencia evitará cualquier incidente y, como consecuencia, contacto directo con soluciones químicas peligrosas.
- Parte de los tiempos extendidos de los mantenimientos preventivos de las máquinas *Strip Line* eran consecuencias de:
  - Falta de coordinación entre operadores.
  - Contar con una guía de trabajo específica.
  - Desplazamientos innecesarios.
  - Falta de herramientas.
  - EPP funcional a la tarea por llevar a cabo.
  - Ayudas visuales en los tiempos de limpieza.
- Los costos de inversión para implantar las propuestas planteadas en este

documento son bajos y de forma única (un valor de \$2,191.33) en comparación con el beneficio que estas proporcionan (un valor de \$46,626.7 anualmente).

- El costo de total inversión es de \$2,191.33 y se estima que el beneficio en el primer mes es de \$4,096.4, es decir, se recupera la inversión total en solo el primer mes de implementar los cambios propuestos.
- Para reducir los desplazamientos innecesarios de los operadores en las tareas del PM, una de las opciones es que cuenten siempre con la herramienta a disposición, en cualquier momento, y puedan hacer los ajustes necesarios, de forma inmediata, sin la necesidad de desplazarse previamente.

## 6.2. RECOMENDACIONES

- Utilizar la Guía y secuencia de actividades operador para cada operador.
- Sustituir los guantes de Nitrilo por los guantes de alta resistencia solo en la realización del PM, estos son más resistentes y reducirán los desplazamientos al dispensador de guantes.
- Utilizar una pizarra de acrílico para colocar la hora de inicio y la hora del final de cada Leaching (enjuague), con el fin de que cada operador esté informado.
- No cambiar las placas del Cleaner, esta tarea es innecesaria (el Leaching que se hace en las dos celdas del Cleaner se lleva a cabo con ácido al 20 %, misma concentración utilizada en la estación de limpieza de placas).
- Aumentar a 2" en todas las líneas la tubería de drenado del DO de Níquel 1, 2 y 3. Actualmente es una sola salida para los tres tanques de 1".
- Asignar un bolso con las herramientas necesarias a cada línea.

## **BIBLIOGRAFÍA**

Betancourt, D. F. (2016). El curso grama: herramienta del ingeniero industrial.

Recuperado de: [www.ingenioempresa.com/cursograma](http://www.ingenioempresa.com/cursograma).

Betancourt, D. F. (2016). El diagrama de Pareto: qué es y cómo se construye.

Recuperado de: [www.ingenioempresa.com/diagrama-de-pareto](http://www.ingenioempresa.com/diagrama-de-pareto).

Betancourt, D. F. (2019). Qué es el estudio de métodos y cómo se hace en 8 etapas.

Recuperado de: [www.ingenioempresa.com/estudio-de-metodos](http://www.ingenioempresa.com/estudio-de-metodos).

Friedman, A. L. y Miles, S. (2006). Stakeholders: Theory and Practice. Oxford: OUP

Oxford. Recuperado de:

<http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=nlebk&AN=201128&lang=es&site=eds-live&scope=site>

Gutiérrez, H. (2014). Calidad y productividad, (4.<sup>a</sup> ed.). McGraw-Hill Interamericana.

Recuperado de: <http://ebooks7-24.com/?il=751&pg=232>

Ocampo, J. (2012). Integrando la Metodología DMAIC de Seis Sigma con la

Simulación de Eventos Discretos en Flexsim. Tenth LACCEI Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology (LACCEI'2012).

Recuperado de: [http://laccei.org/LACCEI2012-](http://laccei.org/LACCEI2012-Panama/RefereedPapers/RP147.pdf)

[Panama/RefereedPapers/RP147.pdf](http://laccei.org/LACCEI2012-Panama/RefereedPapers/RP147.pdf)

Pérez, A. (2015). ¿Qué es el diagrama Ishikawa y para qué sirve? Recuperado de:

<http://www.ceolevel.com/que-es-el-diagrama-ishikawa-y-para-que-sirve>

Salazar López, B. (2016). ¿Qué es Ingeniería Industrial? Recuperado de:

<https://www.ingenieriaindustrialonline.com/que-es-ingenier%C3%ADa-industrial/>

## **ANEXOS**

Tabla 15. Registro de mantenimiento de la Línea Strip

<b>Registro de Mantenimiento de la Línea Strip</b>			
<b>Línea #13/14 Tiempo Inicio: 6:35 PM Tiempo Final: 1:45 A. M.</b>		<b>Tiempo máquina: 7h 10 min</b>	
<b>Responsabilidades del Operario</b>	<b>Dept Resp.</b>	<b>Fecha</b>	<b>Operario #</b>
1 Desechar los cleaner(s) y aspirar Tanque/Llenar	Operario	05/09/19	23208
2 Desechar/Asp/Llenar todos D.O. Cobre (si aplica)	Operario	n/a	n/a
3 Desechar/Asp/Llenar todos D.O. Níquel	Operario	05/09/19	23208
4 Desechar/Asp/Llenar D.O. Estaño	Operario	05/09/19	7909
5 Cambiar el posTreat (si aplica)	Operario	n/a	n/a
6 Cambiar Agua Caliente	Operario	05/09/19	7909
7 Notificar al Técnico Mant. reiniciar los calentadores	Operario	05/09/19	7909
8 Aspirar todas las Celdas de Plating/Trays derrames	Operario	05/09/19	23208
9 Limpiar los rodillos pay-off/acumulador	Operario	05/09/19	23208
10 Limpiar los rodillos take-up rollers/acumulador	Operario	05/09/19	7909
11 Limpiar/Cambiar los platos de ánodos de ácido	Operario	n/a	n/a
12 Limpiar/Cambiar los platos de ánodos de limpieza	Operario	05/09/19	23208
13 Rociar/limpiar los tanques y celdas (usar agua)	Operario	05/09/19	23208
14 Limpiar los rectificadores/cables	Operario	05/09/19	7909
15 Limpiar los conductores eléctricos/canaletas	Operario	05/09/19	7909
16 Limpiar el marco, tuberías y parte superior de la línea	Operario	05/09/19	7909
17 Limpiar por dentro/fuera la aspiradora y regresarla	Operario	05/09/19	23208/7909

<b>Registro de Mantenimiento de la Línea Strip</b>			
18 Limpiar y organizar la estación de trabajo del operario	Operario	05/09/19	23208/7909
<b>Ánodos: referir el calendario MP para frecuencia</b>			
1 Retirar las canastas de la línea	Operario	05/09/19	23208/7909
2 Aspirar las celdas	Operario	05/09/19	23208/7909
3 Obtener canastas nuevas/limpias del carrito	Operario	05/09/19	23208/7909
4 Instalar las canastas en la línea	Operario	05/09/19	23208/7909
<b>Responsabilidades del Técnico de Mantenimiento</b>			
1 Reemplazar todos los O-Rings	Mantenimiento	05/09/19	13764
2 Revisar las conexiones de cables del rectificador	Mantenimiento	05/09/19	13764
3 Limpiar/des taquear los tubos de air-wipes y drenajes	Mantenimiento	05/09/19	13764
4 Revisar la presión alta de las boquillas rociadoras	Mantenimiento	05/09/19	13764
5 Retirar y limpiar los ensamblajes del housing de contacto	Mantenimiento	05/09/19	13764
6 Reemplazar los bloques de contacto desgastados	Mantenimiento	05/09/19	13764
7 Revisar/Reemplazar almohadillas/cargadores gastados	Mantenimiento	05/09/19	13764
8 Rellenar el carrito de agua caliente y encender el calentador	Mantenimiento	05/09/19	13764
<b>Cambios de filtro</b>			
1 Cobre - Níquel - Carbón	Mantenimiento	05/09/19	13764
2 Strike - Hard Gold - Estaño - Inlet Hydrex	Mantenimiento	05/09/19	13764
<b>Responsabilidades Laboratorio</b>			
1 Agregar el Electro-cleaner, postTreat, Ácido	Laboratorio	05/09/19	2773/13764
2 Garantizar que la concentración del ácido es correcta	Laboratorio	05/09/19	2773



Tabla 16. Diagrama analítico de operador 1, primera observación

Diagrama Analítico operador # 1 Mantenimiento preventivo máquina de electroposición (6 h 45 min de PM SL 13/14)							
		○	□	➔	▽	◐	◑
	Actividad operador 1						
1	Se traslada al Pay off (inicio de la máquina)			x			
1	Calienta el cautín	x					
2	Soldar la <i>Dummy line</i> al material.	x					
3	Enciende la máquina	x					
4	Retira todo el material de la línea	x					
2	Se traslada al Take up (inicio de la máquina)			x			
5	Apaga la máquina.	x					
3	Se traslada a la estación de trabajo (computadora)			x			
6	Abre un tiquete a mantenimiento (para iniciar el PM)	x					
4	Se traslada al cuarto de químicos (almacenaje de aspiradoras)			x			
5	Transporta 1 aspiradora solo oro (al centro de la línea)			x			
6	Se traslada al cuarto de químicos (almacenaje de aspiradoras)			x			
7	Transporta 2 aspiradoras de solución general (al centro de la línea)			x			
8	Toma una aspiradora y se traslada a la			x			

*Diagrama Analítico operador # 1 Mantenimiento preventivo máquina de electroposición (6 h 45 min de PM SL 13/14)*

	celda del agua caliente					
9	Se traslada al dispensador de guantes			x		
1	Se coloca guantes nuevos				x	
10	Se traslada a la celda del agua caliente			x		
1	Aspira celda 1 del agua caliente					x
2	Aspira celda Rinse 1 del agua caliente					x
3	Aspira Rinse de estaño 1					x
11	Se traslada a abrir la llave de drenado del agua caliente (detrás de la máquina)			x		
7	Drena tanque del agua caliente.	x				
12	Se traslada a la celda de DO de estaño 1			x		
13	Se traslada a abrir la llave de drenado DO de estaño 1			x		
8	Drena tanque de DO de estaño 1	x				
14	Se traslada a la celda de DO de estaño 1			x		
15	Se traslada a la trinchera a vaciar la aspiradora.			x		
2	Espera a que la aspiradora quede vacía				x	
16	Se traslada a la celda del agua caliente (con la aspiradora)			x		
17	Se traslada al compañero 2 (celda de DO Níquel 1)			x		
18	Se traslada al tanque del agua caliente			x		
4	Aspira tanque del agua caliente					x
19	Se traslada a cerrar la llave de drenado DO			x		

*Diagrama Analítico operador # 1 Mantenimiento preventivo máquina de electroposición (6 h 45 min de PM SL 13/14)*

	de Estaño 1						
9	Cierra la llave del DO de Estaño	x					
20	Se traslada a cerrar la llave del tanque del agua caliente			x			
10	Cierra la llave del tanque del agua caliente	x					
21	Se traslada al DO del Sn (al frente de la máquina)			x			
5	Aspira tanque del DO de Estaño 1						x
22	Se traslada al tanque del agua caliente			x			
11	Llena tanque del agua caliente	x					
23	Avisa al técnico para encender los calentadores (técnico en taller)			x			
24	Se traslada al dispensador de guantes			x			
3	Desecha los guantes dañados					x	
4	Se coloca guantes nuevos					x	
25	Se traslada al tanque del DO de Estaño 1			x			
12	Llena tanque del DO del Estaño 1	x					
26	Se traslada al compañero 2 (celda de Cleaner 2)			x			
27	Se traslada al panel de herramientas.			x			
28	Busca al Hub leader por la llave Allen 3/16 (cuarto de QA)			x			
29	Se traslada al compañero 2 (celda DO de Níquel 2)			x			
30	Busca un carrito para ánodos de estaño			x			

*Diagrama Analítico operador # 1 Mantenimiento preventivo máquina de electroposición (6 h 45 min de PM SL 13/14)*

	(Pay off Área de ánodos)						
31	Se traslada a la celda de Estaño 3			x			
13	Desatornilla canastas de ánodos de Estaño 3	x					
14	Retira canastas de ánodos de estaño 3 (coloca en carrito)	x					
32	Se traslada a la celda de estaño 2			x			
15	Desatornilla canastas de ánodos de Estaño 2	x					
16	Retira canastas de ánodos de Estaño 2 (coloca en carrito)	x					
33	Se traslada a la celda de Estaño 1			x			
17	Desatornilla canastas de ánodos de Estaño 1	x					
18	Retira canastas de Estaño 1 (coloca en carrito)	x					
34	Se traslada a celda de DO de Estaño 1 (toma la aspiradora)			x			
35	Se traslada a la celda de Estaño 3 (con la aspiradora)			x			
6	Aspira celda de Estaño 3						x
36	Se traslada al dispensador de guantes			x			
5	Desecha los guantes dañados					x	
6	Se coloca guantes nuevos					x	
37	Se traslada a la celda de Estaño 2 (con la			x			

*Diagrama Analítico operador # 1 Mantenimiento preventivo máquina de electroposición (6 h 45 min de PM SL 13/14)*

	aspiradora)						
7	Aspira celda de Estaño 2						x
38	Se traslada a la celda de Estaño 1 (con la aspiradora)			x			
8	Aspira celda de Estaño 1						x
7	Toma el carrito ánodos de Estaño celda 1					x	
39	Se traslada con el carrito ánodos a la celda de Estaño 3			x			
19	Coloca canastas de ánodos de Estaño celda 3	x					
9	Atornilla canastas de ánodos celda 3						x
40	Traslada el carrito de ánodos de Estaño celda 2			x			
41	Se traslada al compañero 2 (DO de Níquel 3)			x			
42	Se traslada a la celda de Estaño 2			x			
20	Coloca canastas de ánodos de Estaño celda 2	x					
10	Atornilla canastas de ánodos celda 2						x
43	Traslada el carrito de ánodos a la celda 1 Estaño			x			
21	Coloca canastas de ánodos a la celda Estaño 1	x					
11	Atornilla canastas de ánodos de Estaño de la celda 1						x

*Diagrama Analítico operador # 1 Mantenimiento preventivo máquina de electroposición (6 h 45 min de PM SL 13/14)*

44	Se traslada a la celda de DO de Estaño 1 "A"			x			
12	Aspira celda de DO de Sn 1 "A"						x
45	Se traslada a la celda de DO de Estaño 1 "B"			x			
13	Aspira celda de DO de Sn 1 "A"						x
46	Se traslada a la celda de DO de Estaño 1 "C"			x			
14	Aspira celda de DO de Sn 1 "A"						x
47	Se traslada al compañero 2 (DO 3 de Níquel)			x			
48	Se traslada al dispensador de guantes			x			
8	Desecha los guantes dañados					x	
49	Se traslada a la computadora y devuelve la llave Allen 3/16 "Fabián"			x			
9	Toma el tiempo de descanso (30 min)					x	
50	Se traslada al compañero 2 (DO de Níquel)			x			
51	Se traslada al dispensador de guantes			x			
10	Se coloca guantes nuevos					x	
52	Se traslada al centro de la línea (aspiradora de Au)			x			
53	Se traslada Rinse del selectivo (con la aspiradora)			x			
15	Aspira celda de Rinse de oro						x
54	Se traslada a celda de By pass roller 3 (con			x			

*Diagrama Analítico operador # 1 Mantenimiento preventivo máquina de electroposición (6 h 45 min de PM SL 13/14)*

	la aspiradora)						
16	Aspira celda de By pass roller 3						x
55	Se traslada a la celda de selectivo 2 (con la aspiradora)			x			
17	Aspira celda de selectivo 2						x
56	Se traslada a la celda de By pass roller 2 (con la aspiradora)			x			
18	Aspira celda de By pass roller 2						x
57	Se traslada a la celda de selectivo 1 (con la aspiradora)			x			
19	Aspira celda de selectivo 1						x
58	Se traslada a celda de By pass roller 1 (con la aspiradora)			x			
20	Aspira celda de By pass roller 1						x
59	Se traslada a compañero 2 (celda de Níquel)			x			
60	Se traslada a la celda de Estaño 3			x			
21	Golpea canastas de ánodos de Estaño 3						x
61	Se traslada a la celda de Estaño 2			x			
22	Golpea canastas de ánodos de Estaño 2						x
62	Se traslada a la celda de Estaño 1			x			
23	Golpea canastas de ánodos de Estaño 1						x
63	Se traslada al compañero 2 (celda DO de Níquel 1)			x			
64	Se traslada al dispensador de guantes			x			

*Diagrama Analítico operador # 1 Mantenimiento preventivo máquina de electroposición (6 h 45 min de PM SL 13/14)*

11	Desecha los guantes dañados					x	
12	Se coloca guantes nuevos					x	
65	Se traslada a Área de ánodos			x			
22	Coloca ánodos de estaño en un balde	x					
66	Se traslada con ánodos de Sn (balde) a celda de Estaño 3			x			
24	Rellena canasta de ánodos Estaño 3						x
67	Se traslada con ánodos de Sn (balde) a celda de Estaño 2			x			
25	Rellena canasta de ánodos Estaño 2						x
68	Se trasladó con ánodos de Sn (balde) a celda de Estaño 1			x			
26	Rellena canasta de ánodos Estaño 1						x
69	Se traslada a celda de Níquel 3			x			
27	Golpea canastas de ánodos de Níquel 3						x
70	Se traslada a celda de Níquel 2			x			
28	Golpea canastas de ánodos de Níquel 2						x
71	Se traslada a celda de Níquel 1			x			
29	Golpea canastas de ánodos de Níquel 1						x
72	Se traslada a celda de Estaño 1			x			
73	Transporta el sobrante de ánodos de Sn al Área de almacenamiento			x			
23	Coloca ánodos de Níquel en un balde	x					
74	Transporta ánodos de Níquel (balde) a celda de Níquel 3			x			

*Diagrama Analítico operador # 1 Mantenimiento preventivo máquina de electroposición (6 h 45 min de PM SL 13/14)*



30	Rellena canastas de ánodos de Níquel 3						x
75	Transporta ánodos de Níquel (balde) a celda de Níquel 2			x			
31	Rellena canastas de ánodos de Níquel 2						x
76	Transporta ánodos de Níquel (balde) a celda de Níquel 1			x			
32	Rellena canastas de ánodos de Níquel 1						x
77	Trasporta el sobrante de ánodos de Ni al Área de almacenamiento			x			
78	Se traslada al compañero 2 ( <i>Cleaner 1</i> )			x			
79	Se traslada a celda de selectivo en busca de la manguera			x			
81	Se traslada al Pay off mojando toda la línea			x			
82	Se traslada a celda de selectivo a dejar la manguera			x			
83	Se traslada al dispensador de guantes en busca de toallas			x			
84	Se traslada al Take up			x			
24	Se traslada al Pay off limpiando las tapas de toda la línea	x					
25	Limpia el Pay off	x					
85	Se traslada al Take up			x			
26	Limpia el Take up	x					
86	Se traslada al dispensador de guantes			x			
33	Desecha los guantes dañados					x	

*Diagrama Analítico operador # 1 Mantenimiento preventivo máquina de electroposición (6 h 45 min de PM SL 13/14)*

<b>34</b>	Se coloca guantes nuevos					x	
<b>87</b>	Se traslada a celda de Estaño 1			x			
<b>88</b>	Se traslada con la aspiradora general 1 para lavar (en la trinchera)			x			
<b>35</b>	Espera a que la aspiradora quede vacía					x	
<b>89</b>	Transporta la aspiradora general 1 al cuarto de almacenaje			x			
<b>90</b>	Se traslada a celda del DO del strike Gold			x			
<b>36</b>	Vierte solución de oro en el contenedor de oro					x	
<b>91</b>	Traslada la aspiradora de oro al cuarto de aspiradoras			x			
<b>92</b>	Se traslada al Pay of (inicio de la máquina)			x			
<b>27</b>	Calienta el cautín	x					
<b>28</b>	Soldar <i>reel</i> al <i>Dummy</i>	x					
<b>29</b>	Retira todo el <i>Dummy</i> de la línea	x					
<b>30</b>	Inicia tareas de set up.	x					
	<b>total</b>	<b>30</b>	<b>0</b>	<b>92</b>	<b>0</b>	<b>36</b>	<b>32</b>

Fuente: elaboración propia.

Tabla 17. Diagrama analítico de operador 2, primera observación

Diagrama Analítico operador # 2 Mantenimiento preventivo máquina de electroposición (6 h 45 min de PM SL 13/14)							
							
	Actividad operador 2						
1	Estación de trabajo (computadora) abre un ticket a mantenimiento (para iniciar el PM)	x					
1	Se traslada al Pay off (inicio de la máquina)			x			
2	Calienta el caudín	x					
3	Soldar la <i>Dummy line</i> al material	x					
4	Enciende la máquina	x					
5	Retira todo el material de la línea	x					
6	Calcula que el <i>Dummy line</i> salga de la máquina y la apaga (Pay off)	x					
2	Se traslada a abrir las llaves de drenado del DO de Níquel (1,2 y 3)			x			
7	Drena tanque del DO de Níquel 1	x					
8	Drena tanque del DO de Níquel 2	x					
9	Drena tanque del DO de Níquel 3	x					
3	Se traslada al dispensador de guantes			x			
1	Se coloca guantes nuevos					x	
4	Se traslada al centro de la línea y toma una aspiradora.			x			
5	Se traslada al tanque del DO de Níquel 3 (con la aspiradora)			x			
1	Aspira tanque de DO de Níquel 3						x

*Diagrama Analítico operador # 2 Mantenimiento preventivo máquina de electroposición (6 h 45 min de PM SL 13/14)*

<b>6</b>	Se traslada a abrir la llave de drenado del <i>Cleaner</i> (1 y 2)			x			
<b>10</b>	Drena tanque del <i>Cleaner</i> 1	x					
<b>11</b>	Drena tanque del <i>Cleaner</i> 2	x					
<b>7</b>	Se traslada al tanque DO de Níquel 2			x			
<b>2</b>	Aspira DO tanque de Níquel 2						x
<b>8</b>	Se traslada al tanque DO de Níquel 1			x			
<b>3</b>	Aspira tanque de DO de Níquel 1						x
<b>9</b>	Se traslada a cerrar las llaves de drenado del DO de Níquel 1 2 y 3			x			
<b>12</b>	Cierra llave de DO de Níquel 1	x					
<b>13</b>	Cierra llave de DO de Níquel 2	x					
<b>14</b>	Cierra llave de DO de Níquel 3	x					
<b>10</b>	Se traslada al DO de Níquel (1,2 y 3 al frente de la máquina)			x			
<b>15</b>	Llena tanque del Níquel DO 1	x					
<b>16</b>	Llena tanque del Níquel DO 2	x					
<b>17</b>	Llena tanque del Níquel DO 3	x					
<b>11</b>	Se traslada al laboratorio, avisa que está listo para el primer enjuague			x			
<b>2</b>	Espera del laboratorista 15 min					x	
<b>12</b>	Se traslada al dispensador de guantes			x			
<b>3</b>	Desecha los guantes dañados					x	
<b>4</b>	Se coloca guantes nuevos					x	
<b>13</b>	Se traslada al tanque del DO de Níquel 1			x			

*Diagrama Analítico operador # 2 Mantenimiento preventivo máquina de electroposición (6 h 45 min de PM SL 13/14)*

14	Se traslada con la aspiradora a la trinchera y la vacía.			x			
5	Espera que la aspiradora quede vacía					x	
15	Se traslada al tanque del <i>Cleaner 1</i> (con la aspiradora)			x			
18	Aspira tanque del <i>Cleaner 1</i>	x					
16	Se traslada al compañero 1 (celda del agua caliente)			x			
17	Se traslada al tanque del <i>Cleaner 1</i>			x			
18	Se traslada al compañero 1 por llave Allen 3/16 (tanque del agua caliente)			x			
19	Se traslada en busca de Fabián por la llave 3/16 (laboratorio de Plating)			x			
20	Se traslada al taller en busca de Marlon (técnico) por la llave 3/16			x			
21	Se traslada a la celda de <i>Cleaner 2</i>			x			
19	Desatornilla placas del <i>Cleaner 2</i>	x					
22	Se traslada a la celda de <i>Cleaner 1</i>			x			
20	Desatornilla placas del <i>Cleaner 1</i>	x					
23	Transporta placas de <i>Cleaner</i> a la estación de limpieza			x			
6	Escoge placas limpias					x	
24	Se traslada al tanque del <i>Cleaner 2</i> (con placas no las coloca en la celda todavía)			x			
21	Aspira tanque del <i>Cleaner 2</i>	x					

*Diagrama Analítico operador # 2 Mantenimiento preventivo máquina de electroposición (6 h 45 min de PM SL 13/14)*

25	Se traslada al compañero 1 (celda Rinse del agua caliente)			x			
26	Se traslada al laboratorio, avisa que está listo para el enjuague del <i>Cleaner</i>			x			
27	Se traslada al <i>Cleaner 2</i>			x			
28	Transporta la aspiradora general y la vacía en la trinchera			x			
29	Transporta la aspiradora al tanque DO de Níquel 1			x			
30	Se traslada al compañero 1			x			
31	Se traslada al panel de control de la línea (Take up)			x			
32	Se traslada al Pay off (inicio de la máquina)			x			
33	Se traslada al tanque del <i>Cleaner 2</i>			x			
7	Ayuda al laboratorista a llenar el <i>Cleaner 2</i> con ácido (para el enjuague del <i>Cleaner</i> )					x	
34	Se traslada al dispensador de guantes			x			
8	Desecha los guantes dañados					x	
9	Se coloca guantes nuevos					x	
35	Se traslada a la celda del selectivo By pass roller 1			x			
36	Toma la aspiradora y la traslada a la celda de Strike Gold			x			
4	Aspira la celda de Strike Gold						x
37	Se traslada a la celda de Rinse Strike Gold 1			x			

*Diagrama Analítico operador # 2 Mantenimiento preventivo máquina de electroposición (6 h 45 min de PM SL 13/14)*

<b>5</b>	Aspira celda de Rinse Strike Gold 1						x
<b>38</b>	Se traslada al Área de almacenaje de ánodos de Estaño			x			
<b>10</b>	Ayuda al compañero 1 a sacar ánodos de Estaño (llenar el balde con ánodos)					x	
<b>39</b>	Se traslada a la celda de DO de Strike Gold			x			
<b>6</b>	Aspira celda del DO de Strike Gold						x
<b>40</b>	Busca un carrito para ánodos de Níquel (Pay off)			x			
<b>41</b>	Se traslada a la celda de Níquel 1			x			
<b>22</b>	Desatornilla canastas de ánodos de Níquel 1	x					
<b>23</b>	Retira canastas de ánodos de Níquel 1 (coloca en carrito)	x					
<b>42</b>	Se traslada a abrir la llave de drenado del DO de Níquel			x			
<b>24</b>	Drena tanque del DO de Níquel 1	x					
<b>25</b>	Drena tanque del DO de Níquel 2	x					
<b>26</b>	Drena tanque del DO de Níquel 3	x					
<b>43</b>	Se traslada al tanque DO 1 de Níquel (al frente de la máquina)			x			
<b>27</b>	Aspira tanque de DO de Níquel 1						x
<b>44</b>	Transporta la aspiradora general a la trinchera			x			
<b>11</b>	Espera que la aspiradora quede vacía					x	
<b>45</b>	Se traslada al tanque DO de Níquel 2 (al frente de la máquina)			x			

*Diagrama Analítico operador # 2 Mantenimiento preventivo máquina de electroposición (6 h 45 min de PM SL 13/14)*

28	Aspira tanque de DO de Níquel 2						x
46	Se traslada al compañero 1 (celda del Estaño 2)			x			
47	Se traslada a tanque de DO de Níquel 3			x			
29	Aspira tanque de DO de Níquel 3						x
48	Se traslada al compañero 1 (celda del Estaño 3)			x			
49	Se traslada a cerrar la llave de drenado del DO de Níquel			x			
27	Cierra llave de DO de Níquel 1	x					
28	Cierra llave de DO de Níquel 2	x					
29	Cierra llave de DO de Níquel 3	x					
50	Se traslada al compañero 1 (celda del Estaño 3)			x			
51	Se traslada al dispensador de guantes			x			
12	Desecha los guantes dañados					x	
13	Se coloca guantes nuevos					x	
52	Se traslada al tanque DO de Níquel 2 (al frente de la máquina)			x			
30	Llena tanque del Níquel DO 1	x					
30	Llena tanque del Níquel DO 2	x					
32	Llena tanque del Níquel DO 3	x					
53	Se traslada al laboratorio, avisa que está listo para el segundo enjuague			x			
14	Espera del laboratorista 5 min					x	
54	Se traslada al tanque del DO de Níquel 3			x			
55	Transporta la aspiradora general a la trinchera			x			
15	Espera que la aspiradora quede vacía					x	

*Diagrama Analítico operador # 2 Mantenimiento preventivo máquina de electroposición (6 h 45 min de PM SL 13/14)*

56	Se traslada al tanque del ácido (con la aspiradora)			x			
30	Aspira el tanque del ácido						x
31	Aspira la celda del ácido						x
57	Se traslada a la celda de Rinse de ácido.			x			
32	Aspira celda de Rinse del ácido						x
58	Transporta la aspiradora general a la trinchera			x			
16	Espera que la aspiradora quede vacía			x			
59	Trasporta la aspiradora al tanque del <i>Cleaner 1</i>			x			
60	Se traslada a buscar al técnico para llenar el tanque del ácido (taller)			x			
61	Se traslada a abrir la llave del drenado del <i>Cleaner 1</i> y 2			x			
33	Drena <i>Cleaner 1</i>	x					
34	Drena <i>Cleaner 2</i>	x					
62	Se traslada al tanque del <i>Cleaner 1</i> (frente de la máquina)			x			
33	Aspira tanque del <i>Cleaner 1</i>						x
63	Se traslada al tanque del <i>Cleaner 2</i> (frente de la máquina)			x			
34	Aspira tanque del <i>Cleaner 2</i>						x
64	Se traslada al compañero 1 (celda del Estaño 1)			x			
65	Se traslada al tanque del <i>Cleaner 2</i>			x			
66	Transporta la aspiradora general a la trinchera			x			
16	Espera que la aspiradora quede vacía					x	

*Diagrama Analítico operador # 2 Mantenimiento preventivo máquina de electroposición (6 h 45 min de PM SL 13/14)*

67	Se traslada a la celda del <i>Cleaner 1</i> (con la aspiradora)			x			
35	Aspira la celda del <i>Cleaner 1</i>						x
68	Se traslada a la celda del Rinse del <i>Cleaner 1</i>			x			
36	Aspira Rinse de <i>Cleaner 1</i>						x
69	Se traslada a la celda del <i>Cleaner 2</i>			x			
37	Aspira la celda del <i>Cleaner 2</i>						x
70	Se traslada a la celda del Rinse del <i>Cleaner 2</i>			x			
38	Aspira Rinse de <i>Cleaner 2</i>						x
71	Se traslada a cerrar la llave de drenado del tanque del <i>Cleaner</i>			x			
35	Cierra llave del <i>Cleaner 1</i>	x					
36	Cierra llave del <i>Cleaner 2</i>	x					
72	Se traslada al tanque del <i>Cleaner 1</i> (al frente de la máquina)			x			
37	Llena tanque del <i>Cleaner 1</i>	x					
73	Se traslada al tanque del <i>Cleaner 1</i> (al frente de la máquina)			x			
38	Llena tanque del <i>Cleaner 2</i>	x					
74	Avisa al laboratorista de agregar la solución del <i>Cleaner 1</i> y 2 (laboratorio)			x			
75	Se traslada al dispensador de guantes			x			
17	Desecha los guantes dañados					x	
76	Se traslada a la computadora.			x			
18	Toma el tiempo del descanso 30min					x	

*Diagrama Analítico operador # 2 Mantenimiento preventivo máquina de electroposición (6 h 45 min de PM SL 13/14)*

77	Se traslada al dispensador de guantes			x			
19	Se coloca guantes nuevos					x	
78	Se traslada al compañero 1 (celda de Níquel 2)			x			
79	Se traslada a abrir la llave de drenado del DO de Níquel 1 2 y 3			x			
39	Drena tanque del DO de Níquel 1	x					
40	Drena tanque del DO de Níquel 2	x					
41	Drena tanque del DO de Níquel 3	x					
80	Se traslada a la celda de <i>Cleaner</i> 2 (toma la aspiradora)			x			
81	Se traslada a la celda de Níquel 1			x			
39	Aspira celda de Níquel 1						x
82	Se traslada a la celda de DO Níquel 1 A			x			
40	Aspira celda de DO de Níquel 1						x
83	Se traslada a la celda de Níquel 2			x			
41	Aspira celda de Níquel 2						x
84	Se traslada a la celda de DO Níquel 1 B			x			
42	Aspira celda de DO de Níquel 1 B						x
85	Se traslada a la celda de Níquel 3			x			
43	Aspira celda de Níquel 3						x
86	Transporta la aspiradora general a la trinchera			x			
20	espera a que la aspiradora quede vacía					x	
87	Se traslada al tanque del DO de Níquel 1 (con la aspiradora)			x			
44	Aspira tanque de DO de Níquel 1						x

*Diagrama Analítico operador # 2 Mantenimiento preventivo máquina de electroposición (6 h 45 min de PM SL 13/14)*

88	Se traslada al tanque DO de Níquel 2			x			
45	Aspira DO tanque de Níquel 2						x
89	Se traslada al tanque DO de Níquel 3			x			
46	Aspira tanque de DO de Níquel 3						x
90	Se traslada a la celda de Níquel 1			x			
42	Coloca canastas de ánodos de Níquel celda 1	x					
47	Atornilla canastas de ánodos de Níquel celda 1						x
91	Se traslada a la celda de Níquel 2			x			
43	Desatornilla canastas de ánodos de Níquel 2	x					
44	Retira canastas de ánodos de Níquel 2 (coloca en carrito)	x					
45	Coloca canastas de ánodos de Níquel celda 2	x					
48	Atornilla canastas de ánodos de Níquel celda 2						x
92	Se traslada a la celda de Níquel 3			x			
46	Desatornilla canastas de ánodos de Níquel 3	x					
47	Retira canastas de ánodos de Níquel 3 (coloca en carrito)	x					
48	Coloca canastas de ánodos de Níquel celda 3	x					
49	Atornilla canastas de ánodos de Níquel celda 3						x
93	Se traslada a la celda de <i>Cleaner</i> # 1			x			
49	Coloca las placas de ánodos celda <i>Cleaner</i> 1	x					
50	Atornilla las placas de ánodos celda <i>Cleaner</i> 1						x
94	Se traslada a la celda de <i>Cleaner</i> # 2			x			
50	Coloca las placas de ánodos celda <i>Cleaner</i> 2	x					
51	Atornilla las placas de ánodos celda <i>Cleaner</i> 2						x

Diagrama Analítico operador # 2 Mantenimiento preventivo máquina de electroposición (6 h 45 min de PM SL 13/14)							
95	Se traslada a cerrar las llaves de drenado del DO de Níquel 1 2 y 3			x			
51	Cierra llave de DO de Níquel 1	x					
52	Cierra llave de DO de Níquel 2	x					
53	Cierra llave de DO de Níquel 3	x					
96	Se traslada al DO de Níquel (1,2 y 3 al frente de la máquina)			x			
54	Llena tanque del Níquel DO 1	x					
55	Llena tanque del Níquel DO 2	x					
56	Llena tanque del Níquel DO 3	x					
97	Se traslada al Pay off			x			
48	Calienta el caudín	x					
49	Soldar <i>reel</i> al <i>Dummy</i>	x					
50	Retira todo el <i>Dummy</i> de la línea	x					
51	Inicia tareas de set up.	x					
	<b>Total</b>	<b>60</b>	<b>0</b>	<b>98</b>	<b>0</b>	<b>20</b>	<b>31</b>

Fuente: elaboración propia.

Nota: por dimensiones de la ilustración se adjunta a este documento el archivo electrónico del diagrama.

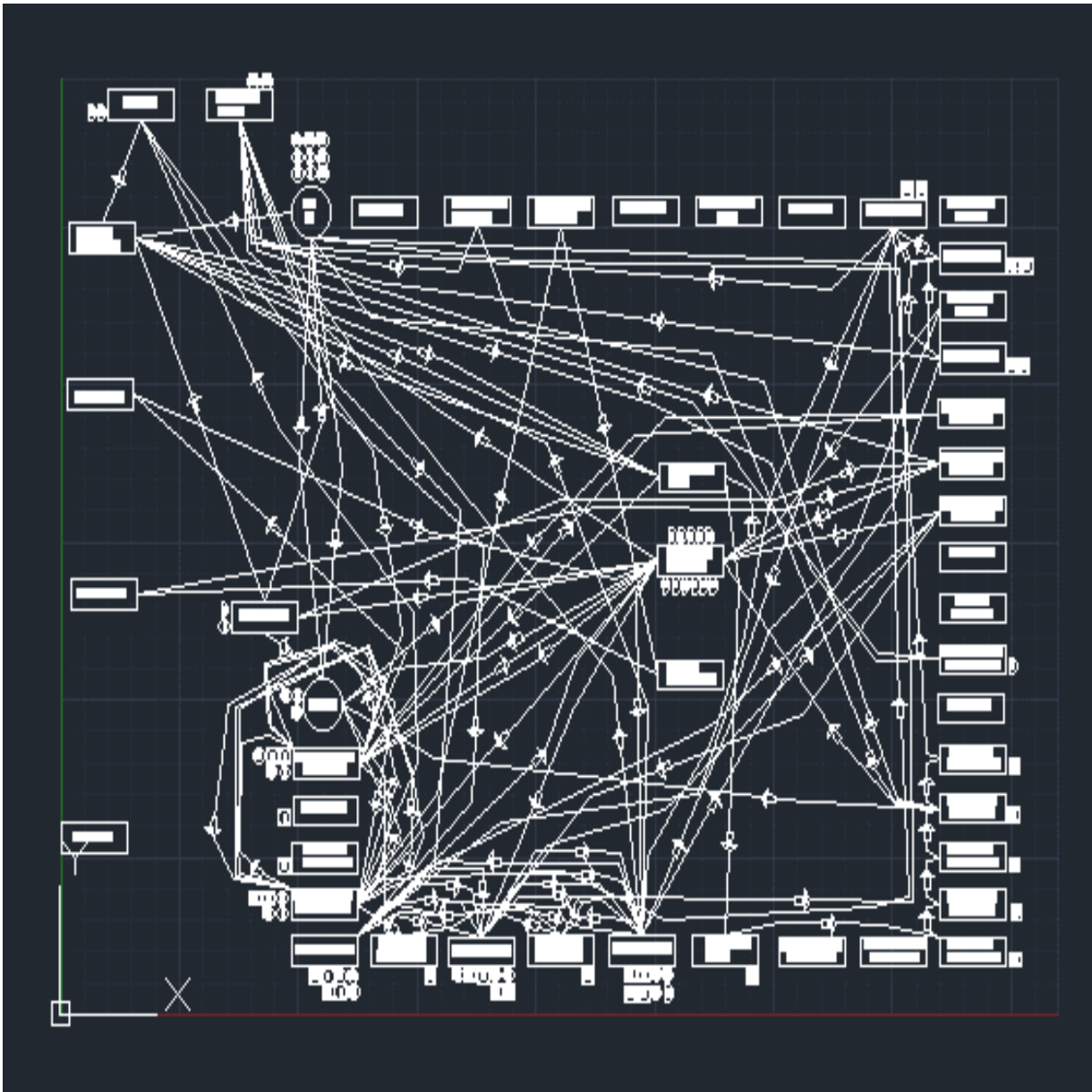
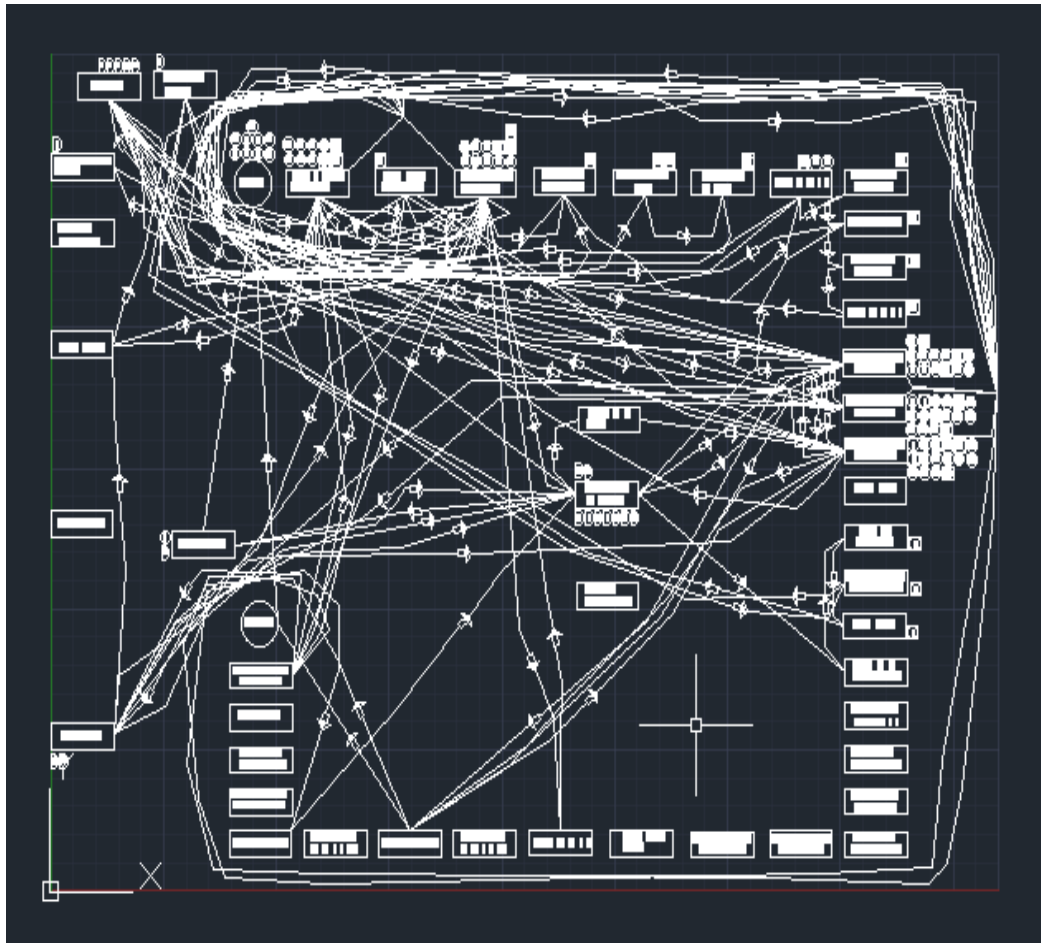


Ilustración 24. Diagrama de recorrido operador # 1 situación Actual

Fuente: elaboración propia.

Nota: por dimensiones de la ilustración se adjunta a este documento el archivo electrónico del diagrama.



*Ilustración 25.* Diagrama de recorrido operador # 2 situación Actual

Fuente: elaboración propia.

## Registro de Mantenimiento de la Línea Strip

Línea #13/14 Tiempo Inicio: 6:45 PM Tiempo Final: 2:00 AM		Tiempo de maquina: 6h 45 min		
<b>Responsabilidades del Operario</b>		<b>Dept Resp.</b>	<b>Fecha</b>	<b>Operario #</b>
1 Desechar los cleaner(s) y aspirar Tanque / Llenar	Operario	06/20/19	6634	
2 Desechar/Aspf/Llenar todos D.O. Cobre (si aplica)	Operario	n/a	n/a	
3 Desechar/Aspf/Llenar todos D.O. Niquel	Operario	06/20/19	6634	
4 Desechar/Aspf/Llenar D.O. Estaño	Operario	06/20/19	15349	
5 Cambiar el Post Treat (si aplica)	Operario	n/a	n/a	
6 Cambiar Agua Caliente	Operario	06/20/19	15349	
7 Notificar al Técnico Mant. reiniciar los calentadores	Operario	06/20/19	15349	
8 Aspirar todas las Celdas de Plating / Trays derrames	Operario	06/20/19	15349	
9 Limpiar los rodillos pay-off / acumulador	Operario	06/20/19	6634	
10 Limpiar los rodillos take-up rollers / acumulador	Operario	06/20/19	15349	
11 Limpiar/Cambiar los platos de ánodos de ácido	Operario	n/a	n/a	
12 Limpiar/Cambiar los platos de ánodos de limpieza	Operario	06/20/19	6634	
13 Rociar/limpiar los tanques y celdas (usar agua)	Operario	06/20/19	15349	
14 Limpiar los rectificadores/cables	Operario	06/20/19	6634	
15 Limpiar los conductores eléctricos/canaletas	Operario	06/20/19	6634	
16 Limpiar el marco, tuberías, y parte superior de la línea	Operario	06/20/19	6634/15349	
17 Limpiar por dentro/fuera la aspiradora y regresarla	Operario	06/20/19	6634/15349	
18 Limpiar y organizar la estación de trabajo del operario	Operario	06/20/19	6634/15349	
<b>Ánodos: referir el calendario MP para frecuencia</b>				
1 Retirar las canastas de la línea	Operario	06/20/19	6634/15349	
2 Aspirar las celdas	Operario	06/20/19	6634/15349	
3 Obtener canastas nuevas/limpias del carrito	Operario	n/a	n/a	
4 Instalar las canastas en la línea	Operario	06/20/19	6634/15349	
<b>Responsabilidades del Técnico de Mantenimiento</b>				
1 Reemplazar todos los O-Rings	Mantenimiento	06/20/19	13764	
2 Revisar las conexiones de cables del rectificador	Mantenimiento	06/20/19	13764	
3 Limpiar/astaquar los tubos de alwipes y drenajes	Mantenimiento	06/20/19	13764	
4 Revisar la presión alta de las boquillas rociadoras	Mantenimiento	06/20/19	13764	
5 Retirar y limpiar los ensambles del housing de contacto	Mantenimiento	06/20/19	13764	
6 Reemplazar los bloques de contacto desgastados	Mantenimiento	06/20/19	13764	
7 Revisar/Reemplazar almohadillas/cargadores gastados	Mantenimiento	06/20/19	13764	
8 Rellenar el carrito de agua caliente y encender el calentador	Mantenimiento	06/20/19	13764	
<b>Cambios de filtro</b>				
1 Cobre - Niquel - Carbón	Mantenimiento	06/20/19	13764	
2 Strike - Hard Gold - Estaño - Inlet Hydrex	Mantenimiento	06/20/19	13764	
<b>Unidades de Tinta (si aplica)</b>				
1 Remojo / Limpieza / Cabeceras	Mantenimiento	n/a	n/a	
2 Revisar por acumulación de tinta	Mantenimiento	n/a	n/a	
3 Cambiar el tanque del Stripper	Mantenimiento	n/a	n/a	
<b>MP Celda Select</b>				
1 Según CO-PL-WI-4001-M Sección 5	Mantenimiento	06/20/19	13764	
<b>Responsabilidades Laboratorio</b>				
1 Agregar el Electrocleaner, Post Treat, Ácido	Laboratorio	06/20/19	2773/13764	
2 Garantizar que la concentración del ácido es correcta	Laboratorio	06/20/19	2773	
3 Verificar que TODOS los D.O. de níquel están > 3pH	Laboratorio	06/20/19	2773	
4 Verificar que las temperaturas del baño sean +/- 3 de vista	Laboratorio	06/20/19	2773	
5 Inspeccionar bolsas y canastas de ánodos por defectos	Laboratorio	06/20/19	2773	

CO-PL-FRM-4000-M

Ilustración 26. Reporte de PM primera observación 1 de 2

Fuente: elaboración propia.

Técnico Mantenimiento:  
Gabriel Ibarra

Laboratorista:  
Arnoldo Vargas

Operarios  
Jose Cruz  
Mauricio Jimenez

Supervisor:   
La línea se ha entregado en buenas condiciones y  
Con todas sus tareas terminadas

Comentarios: Leaching

Extra time due long leaching  
3h

Finger sensors are ok

Lids cleaning task was add  
Safety incident causes a delay  
on the PM  
Single operator finished


Ilustración 27. Reporte de PM primera observación 2 de 2

Fuente: elaboración propia.

Tabla 18. Guía y secuencia de actividades operador # 1

Guía y secuencia de actividades operador # 1	
1	Pasar el <i>Dummy line</i> y hacer tiquete al técnico.
2	Traer las aspiradoras (solo para oro y uso general) al centro de la máquina
3	Aspirar residuos <i>Cleaner # 1</i> y <i>Cleaner # 2</i> preparación para <i>Leaching</i> con ácido
4	Avisar al laboratorista para agregar el ácido al 20%
5	Retirar todas las canastas de ánodos de Sn de la línea
6	Aspirar la celda de Estaño # 1, # 2 y # 3
7	Aspirar celda de Rinse de Estaño # 1
8	Aspirar celda de DO de Estaño # 1, # 2 y # 3.
9	Obtener canastas nuevas/limpias del carrito (ánodos Estaño)
10	Retirar e instalar las canastas en la línea (ánodos estaño)
11	Aspirar tanque y celda del agua caliente y llenar tanque al 80 % con agua
12	Desechar ácido del <i>Cleaner #1</i> y <i>Cleaner # 2</i>
13	Aspirar y enjuagar celdas <i>Cleaner # 1</i> y <i>Cleaner # 2</i>
14	Aspirar Rinse de <i>Cleaner # 1</i> y <i>Cleaner # 2</i>
15	Aspirar y enjuagar tanque del <i>Cleaner # 1</i> y <i>Cleaner # 2</i> y llenar tanque al 80 % con agua
16	Avisar al laboratorista para agregar el <i>Cleaner</i>
17	Avisar al técnico para encender calentadores
18	Aspirar DO del Strike Gold
19	Aspirar celda de By pass roller # 1, # 2 y # 3 del selectivo
20	Aspirar celda de selectivo # 1 y # 2 y Rinse del selectivo
21	Limpiar los rodillos Pay-off/acumulador línea # 1 y línea # 2
22	Limpiar los rodillos Take-up rollers/acumulador línea # 1 y línea # 2
23	Limpiar los rectificadores/cables línea # 1 y línea # 2
24	Rociar/limpiar los tanques y celdas (usar agua)
25	Limpiar los conductores eléctricos/canaletas

Guía y secuencia de actividades operador # 1	
<b>26</b>	Limpiar por dentro/fuera la aspiradora y regresarla
<b>27</b>	Limpiar el marco, tuberías y parte superior de la línea
<b>28</b>	Limpiar y organizar la estación de trabajo del operario
<b>29</b>	Hacer set up.







Fuente: elaboración propia.

Tabla 19. Guía y secuencia de actividades operador # 2

Guía y secuencia de actividades operador # 2	
1	Pasar el <i>Dummy line</i> y hacer tiquete al técnico.
2	Desechar solución de todos los DO y tanques de la máquina.
3	Aspirar residuos de solución Níquel DO # 1, DO # 2 y DO # 3
4	Llenar tanque de Níquel DO # 1, DO # 2 y DO # 3 al 50 % con agua preparación, <i>Leaching</i> NaOH pH 13
5	Avisar al laboratorista para agregar el NAOH
6	Retirar las canastas de ánodos de Níquel la línea
7	Aspirar la celda de Níquel # 1, Níquel # 2 y Níquel # 3
8	Obtener canastas nuevas/limpias del carrito (ánodos de Níquel)
9	Instalar las canastas en la línea (ánodos de Níquel)
10	Desechar solución de NAOH ph13 Níquel DO # 1, DO # 2 y DO # 3
11	Aspirar residuos de solución de NAOH ph13 Níquel DO # 1, DO # 2 y DO # 3
12	Llenar tanque Níquel DO # 1, DO # 2 y DO # 3 al 50 % con agua preparación, <i>Leaching</i> Biocida
13	Aspirar celda y Rinse del Strike Gold
14	Desechar solución de Biocida del DO # 1, DO # 2 y DO # 3.
15	Aspirar residuos de Biocida de Níquel DO # 1, DO # 2 y DO # 3.
16	Llenar tanque Níquel DO, DO # 2 y DO # 3. # 1 al 50 % con agua preparación, <i>Leaching</i> ácido Sulfámico
17	Limpiar los rectificadores/cables línea # 1
18	Desechar solución de ácido Sulfámico Níquel DO # 1, DO # 2 y DO # 3.
19	Aspirar residuos de solución de ácido Sulfámico Níquel DO # 1, DO # 2 y DO # 3.
20	Llenar tanque Níquel DO # 1, DO # 2 y DO # 3 al 80 % con agua
21	Avisar al técnico para encender calentadores.
22	Hacer set up.

Fuente: elaboración propia.

Tabla 20. Diagrama analítico del operador # 1, Resultados

<b>Mantenimiento preventivo máquina de electroposición</b>							
<b>(5 h 25 min de PM SL 13/14)</b>							
							
Actividad operador 1							
1	Se traslada al Pay off (inicio de la máquina)			x			
1	Calienta el cautín	x					
2	Soldar la <i>Dummy line</i> al material.	x					
3	Enciende la máquina	x					
4	Retira todo el material de la línea	x					
2	Se traslada al Take up (inicio de la máquina)			x			
5	Apaga la máquina.	x					
3	Se traslada a la estación de trabajo (computadora)			x			
6	Abre un tiquete a mantenimiento (para iniciar el PM)	x					
4	Se traslada al cuarto de químicos (almacenaje de aspiradoras)			x			
5	Transporta 1 aspiradora solo oro (al centro de la línea)			x			
6	Se traslada al cuarto de químicos (almacenaje de aspiradoras)			x			
7	Transporta 2 aspiradoras de solución general (al centro de la línea)			x			
8	Se traslada al dispensador de guantes			x			

<b>Mantenimiento preventivo máquina de electroposición</b>							
<b>(5 h 25 min de PM SL 13/14)</b>							
1	Se coloca guantes nuevos (propuestos)					x	
9	Se traslada al centro de la línea y toma una aspiradora.			x			
10	Se traslada a la celda del <i>Cleaner</i> # 1 (con la aspiradora)			x			
1	Aspira tanque del <i>Cleaner</i> # 1						x
11	Se traslada al tanque del <i>Cleaner</i> # 2			x			
2	Aspira tanque del <i>Cleaner</i> # 2						x
12	Transporta la aspiradora general a la trinchera			x			
2	Espera que la aspiradora quede vacía					x	
13	Transporta la aspiradora a la celda de Estaño # 1			x			
14	Se traslada al laboratorio, avisa que está listo para el enjuague del <i>Cleaner</i> (una hora)			x			
15	Busca un carrito para ánodos de estaño (Pay off Área de ánodos)			x			
16	Se traslada a la celda de Estaño 1 (con el carrito para ánodos)			x			
7	Desatornilla canastas de ánodos de Estaño 1	x					
8	Retira canastas de Estaño 1 (coloca en carrito)	x					
17	Se traslada a la celda de estaño 2			x			
9	Desatornilla canastas de ánodos de Estaño 2	x					
10	Retira canastas de ánodos de Estaño 2 (coloca en carrito)	x					
18	Se traslada a la celda de Estaño 3			x			
11	Desatornilla canastas de ánodos de Estaño 3	x					

<b>Mantenimiento preventivo máquina de electroposición</b>							
<b>(5 h 25 min de PM SL 13/14)</b>							
12	Retira canastas de ánodos de estaño 3 (coloca en carrito)	x					
19	Se traslada a la celda de Estaño # 1			x			
3	Aspira celda de Estaño 1						x
20	Se traslada a la celda de DO de Estaño 1 "A"			x			
4	Aspira celda de DO de Sn 1 "A"						x
21	Se traslada a la celda de Estaño 2 (con la aspiradora)			x			
5	Aspira celda de Estaño 2						x
22	Se traslada a la celda de DO de Estaño 1 "B"			x			
6	Aspira celda de DO de Sn 1 "B"						x
23	Se traslada a la celda de Estaño 3 (con la aspiradora)			x			
7	Aspira celda de Estaño 3						x
24	Se traslada a la celda de DO de Estaño 1 "C"			x			
8	Aspira celda de DO de Sn 1 "C"						x
25	Se traslada al DO del Sn # 1 (con la aspiradora)			x			
9	Aspira tanque del DO de Estaño 1						x
10	Aspira celda del DO de Estaño # 1						x
26	Se traslada a la celda de Estaño 3						
13	Coloca canastas de ánodos de Estaño celda 3	x					
11	Atornilla canastas de ánodos de Estaño de la celda 3						x
27	Se traslada con el carrito ánodos a la celda de Estaño 2			x			

<b>Mantenimiento preventivo máquina de electroposición</b>							
<b>(5 h 25 min de PM SL 13/14)</b>							
14	Coloca canastas de ánodos de Estaño celda 2	x					
12	Atornilla canastas de ánodos de Estaño de la celda 2						x
28	Traslada el carrito de ánodos a la celda 1 Estaño			x			
15	Coloca canastas de ánodos a la celda Estaño 1	x					
13	Atornilla canastas de ánodos de Estaño de la celda 1						x
29	Traslada el carrito de ánodos al Área de almacenaje (Pay off)			x			
30	Se traslada a la celda de Estaño # 3 toma la aspiradora.			x			
31	Se traslada al tanque del agua caliente			x			
14	Aspira tanque del agua caliente						x
15	Aspira celda 1 del agua caliente						x
16	Aspira celda Rinse 1 del agua caliente						x
32	Se traslada a la trinchera a vaciar la aspiradora.			x			
3	Espera a que la aspiradora quede vacía					x	
33	Transporta aspiradora al tanque del agua caliente (frente de la máquina)			x			
34	Se traslada a cerrar la llave de drenado DO de Estaño 1 (detrás de la máquina)			x			
16	Cierra la llave del DO de Estaño	x					
35	Se traslada a cerrar la llave del tanque del agua caliente			x			
17	Cierra la llave del tanque del agua caliente	x					

<b>Mantenimiento preventivo máquina de electroposición</b>							
<b>(5 h 25 min de PM SL 13/14)</b>							
36	Se traslada al tanque del agua caliente (frente de la máquina)			x			
18	Llena tanque del agua caliente	x					
37	Se traslada al tanque del DO de Estaño 1			x			
19	Llena tanque del DO del Estaño 1	x					
38	Avisa al técnico para encender los calentadores (técnico en taller)			x			
39	Se traslada al compañero 1 (DO de Níquel # 2) avisa que va a salir a comer.			x			
40	Se traslada al dispensador de guantes			x			
4	Desecha los guantes dañados					x	
41	Se traslada a la estación de la computadora.			x			
5	Toma el tiempo de descanso (30 min)					x	
42	Se traslada al dispensador de guantes			x			
6	Se coloca guantes nuevos (propuestos)					x	
43	Se traslada al tanque del agua caliente (frente de la máquina) y toma la aspiradora			x			
44	Trasporta la aspiradora al tanque del <i>Cleaner</i> # 1.			x			
45	Se traslada a abrir la llave de drenado del <i>Cleaner</i> (1 y 2)			x			
20	Drena tanque del <i>Cleaner</i> 1	x					
21	Drena tanque del <i>Cleaner</i> 2	x					
46	Se traslada a la celda de <i>Cleaner</i> 1			x			
17	Aspira tanque del <i>Cleaner</i> 1						x
18	Aspira la celda del <i>Cleaner</i> 1						x

<b>Mantenimiento preventivo máquina de electroposición</b>							
<b>(5 h 25 min de PM SL 13/14)</b>							
47	Se traslada a la celda del Rinse del <i>Cleaner 1</i>			x			
19	Aspira Rinse de <i>Cleaner 1</i>						x
48	Se traslada al tanque de <i>Cleaner 2</i>			x			
20	Aspira tanque del <i>Cleaner 2</i>						x
21	Aspira celda del <i>Cleaner 2</i>						x
49	Se traslada a la celda del rinse del <i>Cleaner 2</i>			x			
22	Aspira Rinse de <i>Cleaner 2</i>						x
50	Se traslada a cerrar la llave de drenado del tanque del <i>Cleaner (1 y 2)</i>			x			
22	Cierra llave del <i>Cleaner 1</i>	x					
23	Cierra llave del <i>Cleaner 2</i>	x					
51	Se traslada al tanque del <i>Cleaner 1</i> (al frente de la máquina)			x			
24	Llena tanque del <i>Cleaner 1</i>	x					
52	Se traslada al tanque del <i>Cleaner 2</i> (al frente de la máquina)			x			
25	Llena tanque del <i>Cleaner 2</i>	x					
53	Se traslada con la aspiradora a la trinchera y la vacía.			x			
7	Espera que la aspiradora quede vacía					x	
54	Traslada aspiradora al centro de la línea			x			
55	Avisa al laboratorista de agregar la solución del <i>Cleaner 1 y 2</i> (laboratorio)			x			
56	Avisar al técnico para encender calentadores (taller)			x			







<b>Mantenimiento preventivo máquina de electroposición</b>							
<b>(5 h 25 min de PM SL 13/14)</b>							
57	Se traslada al centro de la línea (aspiradora de Au)			x			
58	Se traslada a celda de By pass roller 1 (con la aspiradora)			x			
23	Aspira celda de By pass roller 1						x
59	Se traslada a la celda de selectivo 1 (con la aspiradora)			x			
24	Aspira celda de selectivo 1						x
60	Se traslada a la celda de By pass roller 2 (con la aspiradora)			x			
25	Aspira celda de by pass roller 2						x
61	Se traslada a la celda de selectivo 2 (con la aspiradora)			x			
26	Aspira celda de selectivo 2						x
62	Se traslada a celda de By pass roller 3 (con la aspiradora)			x			
27	Aspira celda de By pass roller 3						x
63	Se traslada Rinse del selectivo (con la aspiradora)			x			
28	Aspira celda de rinse de oro						x
64	Se traslada a la celda By pass roller # 1			x			
8	Vierte solución de oro en el contenedor de oro					x	
65	Traslada la aspiradora de oro al cuarto de aspiradoras			x			
66	Se traslada a Área de ánodos (Pay off)			x			
26	Coloca ánodos de estaño en un balde	x					
67	Se traslada a la celda de Estaño 3 (con el balde)			x			

<b>Mantenimiento preventivo máquina de electroposición</b>							
<b>(5 h 25 min de PM SL 13/14)</b>							
29	Golpea canastas de ánodos de Estaño 3						x
30	Rellena canasta de ánodos Estaño 3						x
68	Se traslada a la celda de Estaño 2 (con el balde)			x			
31	Golpea canastas de ánodos de Estaño 2						x
32	Rellena canasta de ánodos Estaño 2						x
69	Se traslada a la celda de Estaño 1 (con el balde)			x			
33	Golpea canastas de ánodos de Estaño 1						x
34	Rellena canasta de ánodos Estaño 1						x
70	Trasporta el sobrante de ánodos de Sn al Área de almacenamiento			x			
71	Se traslada a celda de selectivo en busca de la manguera			x			
72	Se traslada al Take up (con la manguera)			x			
73	Se traslada al Pay off mojando la línea			x			
74	Se traslada a celda de selectivo a dejar la manguera			x			
75	Se traslada al dispensador de guantes en busca de toallas			x			
76	Se traslada al Take up			x			
27	Limpia el Take up	x					
28	Se traslada al Pay off limpiando las tapas de toda la línea	x					
29	Limpia el Pay off	x					
30	Calienta el cautín	x					
31	Soldar <i>reel</i> al <i>Dummy</i>	x					

<b>Mantenimiento preventivo máquina de electroposición</b>							
<b>(5 h 25 min de PM SL 13/14)</b>							
<b>32</b>	Retira todo el <i>Dummy</i> de la línea	x					
<b>33</b>	Inicia tareas de set up.	x					
	<b>total</b>	<b>33</b>	<b>0</b>	<b>76</b>	<b>0</b>	<b>8</b>	<b>34</b>

Fuente: elaboración propia.

Tabla 21. Diagrama analítico del operador # 2, Resultados

<b>Mantenimiento preventivo máquina de electroposición (5 h 25 min de PM SL 13/14)</b>							
							
	Actividad operador 2						
<b>1</b>	Estación de trabajo (computadora) abre un ticket a mantenimiento (para iniciar el PM)	x					
<b>1</b>	Se traslada al Pay off (inicio de la máquina)			x			
<b>2</b>	Calienta el caudín	x					
<b>3</b>	Soldar la <i>Dummy line</i> al material	x					
<b>4</b>	Enciende la máquina	x					
<b>5</b>	Retira todo el material de la línea	x					
<b>6</b>	Calcula que el <i>Dummy line</i> salga de la máquina y la apaga (Pay off)	x					
<b>2</b>	Se traslada a abrir las llaves de drenado de <i>Cleaner</i> # 1 y # 2			x			
<b>7</b>	Abre llave de tanque del <i>Cleaner</i> 1	x					
<b>8</b>	Abre llave de tanque del <i>Cleaner</i> 2	x					
<b>3</b>	Se traslada a abrir las llaves de drenado de			x			

<b>Mantenimiento preventivo máquina de electroposición (5 h 25 min de PM SL 13/14)</b>							
	Níquel # 1, # 2 y # 3						
9	Drena tanque del DO de Níquel 1	x					
10	Drena tanque del DO de Níquel 2	x					
11	Drena tanque del DO de Níquel 3	x					
4	Se traslada a abrir las llaves de drenado de DO de Estaño # 1			x			
12	Drena tanque del DO de Estaño # 1	x					
5	Se traslada a abrir la llave de drenado del agua caliente.			x			
13	Drena tanque del agua caliente.	x					
6	Se traslada al dispensador de guantes			x			
1	Se coloca guantes nuevos (propuestos)					x	
7	Se traslada al centro de la línea y toma una aspiradora.			x			
8	Se traslada al tanque DO de Níquel 1			x			
1	Aspira tanque de DO de Níquel 1						x
9	Se traslada al tanque DO de Níquel 2			x			
2	Aspira DO tanque de Níquel 2						x
10	Se traslada al tanque del DO de Níquel 3 (con la aspiradora)			x			
3	Aspira tanque de DO de Níquel 3						x
11	Se traslada a cerrar las llaves de drenado del DO de Níquel 1 2 y 3			x			
14	Cierra llave de DO de Níquel 1	x					
15	Cierra llave de DO de Níquel 2	x					
16	Cierra llave de DO de Níquel 3	x					

<b>Mantenimiento preventivo máquina de electroposición (5 h 25 min de PM SL 13/14)</b>							
<b>12</b>	Se traslada al DO de Níquel (1,2 y 3 al frente de la máquina)			x			
<b>17</b>	Llena tanque del Níquel DO 1	x					
<b>18</b>	Llena tanque del Níquel DO 2	x					
<b>19</b>	Llena tanque del Níquel DO 3	x					
<b>13</b>	Se traslada al laboratorio, avisa que está listo para el primer enjuague			x			
<b>14</b>	Se traslada al tanque del DO de Níquel 3			x			
<b>15</b>	Se traslada con la aspiradora a la trinchera y la vacía.			x			
<b>2</b>	Espera que la aspiradora quede vacía					x	
<b>16</b>	Traslada la aspiradora a la celda de Níquel 1			x			
<b>17</b>	Se traslada al centro de la línea, toma la aspiradora para oro			x			
<b>18</b>	Se traslada a la celda de Strike Gold			x			
<b>4</b>	Aspira la celda de Strike Gold						x
<b>19</b>	Se traslada a la celda de DO de Strike Gold			x			
<b>5</b>	Aspira celda del DO de Strike Gold						x
<b>20</b>	Se traslada a la celda de Rinse Strike Gold 1			x			
<b>6</b>	Aspira celda de Rinse Strike Gold 1						x
<b>21</b>	Busca un carrito para ánodos de Níquel (Pay off)			x			
<b>22</b>	Se traslada a la celda de Níquel 1 (con carrito de ánodos de níquel)			x			

<b>Mantenimiento preventivo máquina de electroposición (5 h 25 min de PM SL 13/14)</b>							
<b>20</b>	Desatornilla canastas de ánodos de Níquel 1	x					
<b>21</b>	Retira canastas de ánodos de Níquel 1 (coloca en carrito)	x					
<b>22</b>	Coloca canastas de ánodos de Níquel celda 1	x					
<b>7</b>	Atornilla canastas de ánodos de Níquel celda 1						x
<b>23</b>	Se traslada a la celda de Níquel 2 (con carrito de ánodos de níquel)			x			
<b>23</b>	Desatornilla canastas de ánodos de Níquel 2	x					
<b>24</b>	Retira canastas de ánodos de Níquel 2 (coloca en carrito)	x					
<b>25</b>	Coloca canastas de ánodos de Níquel celda 2	x					
<b>8</b>	Atornilla canastas de ánodos de Níquel celda 2						x
<b>24</b>	Se traslada a la celda de Níquel 3 (con carrito de ánodos de níquel)			x			
<b>26</b>	Desatornilla canastas de ánodos de Níquel 3	x					
<b>27</b>	Retira canastas de ánodos de Níquel 3 (coloca en carrito)	x					
<b>28</b>	Coloca canastas de ánodos de Níquel celda 3	x					

<b>Mantenimiento preventivo máquina de electroposición (5 h 25 min de PM SL 13/14)</b>							
<b>9</b>	Atornilla canastas de ánodos de Níquel celda 3						x
<b>25</b>	Se traslada a abrir la llave de drenado del DO de Níquel			x			
<b>29</b>	Drena tanque del DO de Níquel 1	x					
<b>30</b>	Drena tanque del DO de Níquel 2	x					
<b>31</b>	Drena tanque del DO de Níquel 3	x					
<b>26</b>	Se traslada al tanque DO 1 de Níquel (al frente de la máquina)			x			
<b>10</b>	Aspira tanque de DO de Níquel 1						x
<b>27</b>	Se traslada al tanque DO de Níquel 2			x			
<b>11</b>	Aspira tanque de DO de Níquel 2						x
<b>28</b>	Se traslada a tanque de DO de Níquel 3			x			
<b>12</b>	Aspira tanque de DO de Níquel 3						x
<b>29</b>	Transporta la aspiradora general a la trinchera			x			
<b>3</b>	Espera que la aspiradora quede vacía					x	
<b>30</b>	Traslada la aspiradora al tanque del ácido.			x			
<b>31</b>	Se traslada a cerrar la llave de drenado del DO de Níquel			x			
<b>32</b>	Cierra llave de DO de Níquel 1	x					
<b>33</b>	Cierra llave de DO de Níquel 2	x					
<b>34</b>	Cierra llave de DO de Níquel 3	x					
<b>32</b>	Se traslada al tanque DO de Níquel 2 (al frente de la máquina)			x			
<b>35</b>	Llena tanque del Níquel DO 1	x					

<b>Mantenimiento preventivo máquina de electroposición (5 h 25 min de PM SL 13/14)</b>							
36	Llena tanque del Níquel DO 2	x					
37	Llena tanque del Níquel DO 3	x					
33	Se traslada al laboratorio, avisa que está listo para el segundo enjuague			x			
34	Se traslada el tanque del ácido			x			
13	Aspira el tanque del ácido						x
14	Aspira la celda del ácido						x
35	Se traslada a la celda de Rinse de ácido.			x			
15	Aspira celda de Rinse del ácido						x
36	Transporta la aspiradora general a la trinchera			x			
4	Espera que la aspiradora quede vacía					x	
37	Traslada la aspiradora a la celda de Níquel 1			x			
38	Se traslada a buscar al técnico para llenar el tanque del ácido (taller)			x			
39	Se traslada al dispensador de guantes			x			
5	Desecha los guantes dañados					x	
40	Se traslada al compañero 1 celda de <i>Cleaner</i> # 1 (avisa que va a ir a comer)			x			
41	Se traslada a la computadora.			x			
6	Toma el tiempo del descanso 30min					x	
42	Se traslada al dispensador de guantes			x			
7	Se coloca guantes nuevos (recomendados)					x	
43	Se traslada a Área de ánodos			x			
38	Coloca ánodos de Níquel en un balde	x					

<b>Mantenimiento preventivo máquina de electroposición (5 h 25 min de PM SL 13/14)</b>							
44	Se traslada a la celda de Níquel 1			x			
39	Golpea canastas de ánodos de Níquel 1	x					
16	Rellena canasta de ánodos Níquel 1						x
45	Se traslada a la celda de Níquel 2			x			
40	Golpea canastas de ánodos de Níquel 2	x					
17	Rellena canasta de ánodos Níquel 2						x
46	Se traslada a la celda de Níquel 3			x			
41	Golpea canastas de ánodos de Níquel 3	x					
18	Rellena canasta de ánodos Níquel 3						x
47	Trasporta el sobrante de ánodos de Ni al Área de almacenamiento			x			
48	Se traslada a abrir la llave de drenado del DO de Níquel 1 2 y 3			x			
42	Drena tanque del DO de Níquel 1	x					
43	Drena tanque del DO de Níquel 2	x					
44	Drena tanque del DO de Níquel 3	x					
49	Se traslada al tanque DO 1 de Níquel (al frente de la máquina)			x			
19	Aspira tanque de DO de Níquel 1						x
50	Se traslada al tanque DO de Níquel 2			x			
20	Aspira DO tanque de Níquel 2						x
51	Se traslada al tanque DO de Níquel 3			x			
21	Aspira tanque de DO de Níquel 3						x
52	Se traslada a cerrar las llaves de drenado del DO de Níquel 1 2 y 3			x			
45	Cierra llave de DO de Níquel 1	x					

<b>Mantenimiento preventivo máquina de electroposición (5 h 25 min de PM SL 13/14)</b>						
46	Cierra llave de DO de Níquel 2	x				
47	Cierra llave de DO de Níquel 3	x				
53	Se traslada al DO de Níquel (1,2 y 3 al frente de la máquina)			x		
48	Llena tanque del Níquel DO 1	x				
49	Llena tanque del Níquel DO 2	x				
50	Llena tanque del Níquel DO 3	x				
54	Transporta la aspiradora general a la trinchera			x		
8	Espera que la aspiradora quede vacía				x	
55	Se traslada a la celda de Níquel 1			x		
22	Aspira celda de Níquel 1					x
56	Se traslada a la celda de DO Níquel 1 A			x		
23	Aspira celda de DO de Níquel 1 A					x
57	Se traslada a la celda de Níquel 2 (con la aspiradora)			x		
24	Aspira celda de Níquel 2					x
58	Se traslada a la celda de DO Níquel 1 B			x		
25	Aspira celda de DO de Níquel 1 B					x
59	Se traslada a la celda de Níquel 3 (con la aspiradora)			x		
26	Aspira celda de Níquel 3					x
60	Se traslada a la celda de DO Níquel 1 C			x		
27	Aspira celda de DO de Níquel 1 C					x
61	Transporta la aspiradora general a la trinchera			x		

<b>Mantenimiento preventivo máquina de electroposición (5 h 25 min de PM SL 13/14)</b>							
<b>9</b>	Espera que la aspiradora quede vacía					x	
<b>62</b>	Se traslada al centro de la línea (con la aspiradora) y toma la otra de uso general			x			
<b>63</b>	Traslada la aspiradora de uso general al cuarto de aspiradoras			x			
<b>64</b>	Se traslada al Pay off			x			
<b>51</b>	Calienta el cautín	x					
<b>52</b>	Soldar <i>reel</i> al <i>Dummy</i>	x					
<b>53</b>	Retira todo el <i>Dummy</i> de la línea	x					
<b>54</b>	Inicia tareas de set up.	x					
		54	0	64	0	9	27

Fuente: elaboración propia.

Nota: por dimensiones de la ilustración se adjunta a este documento el archivo electrónico del diagrama.

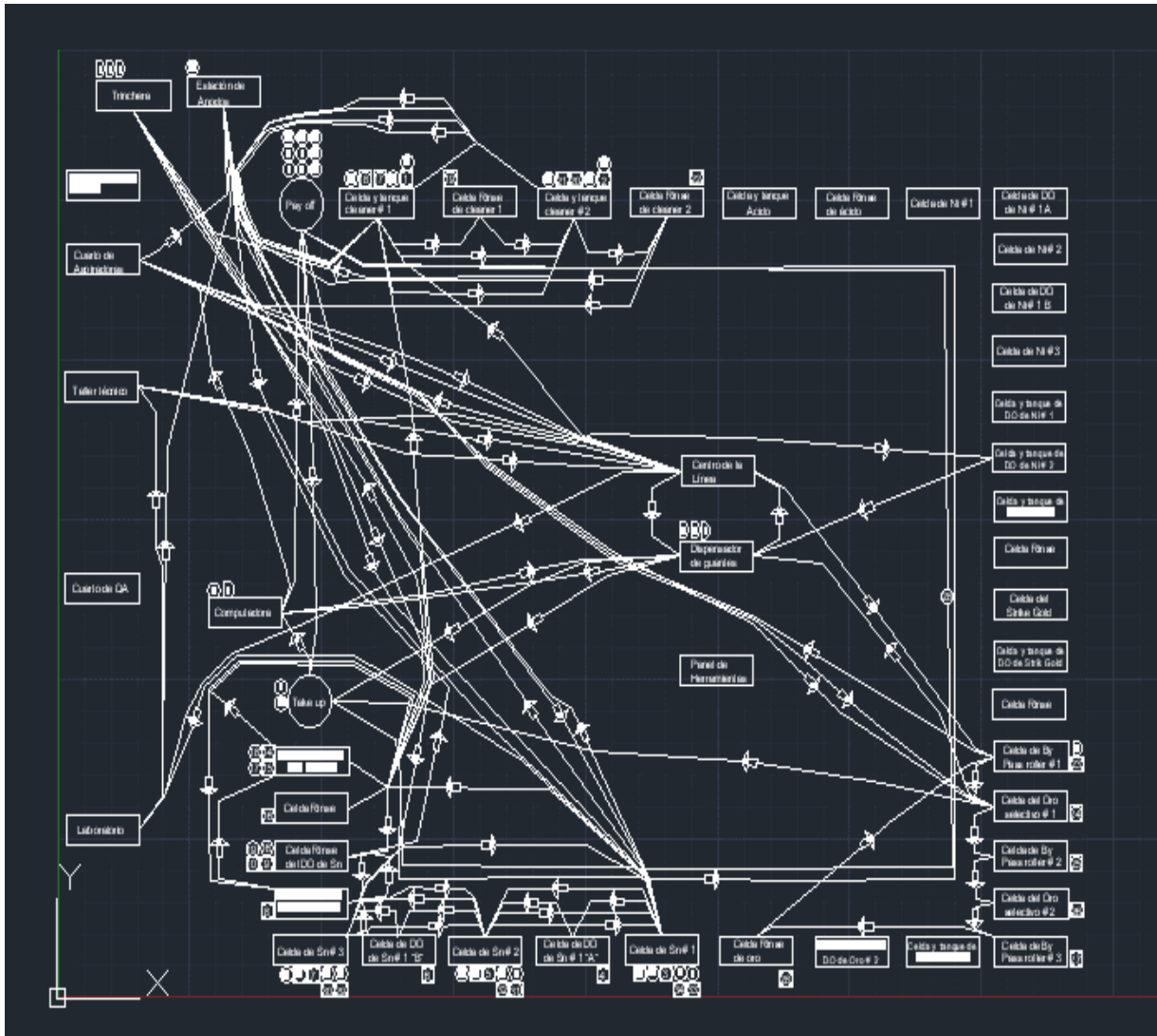


Ilustración 28. Diagrama de recorrido operador # 1 situación Resultado

Fuente: elaboración propia.

Nota: por dimensiones de la ilustración se adjunta a este documento el archivo electrónico del diagrama.

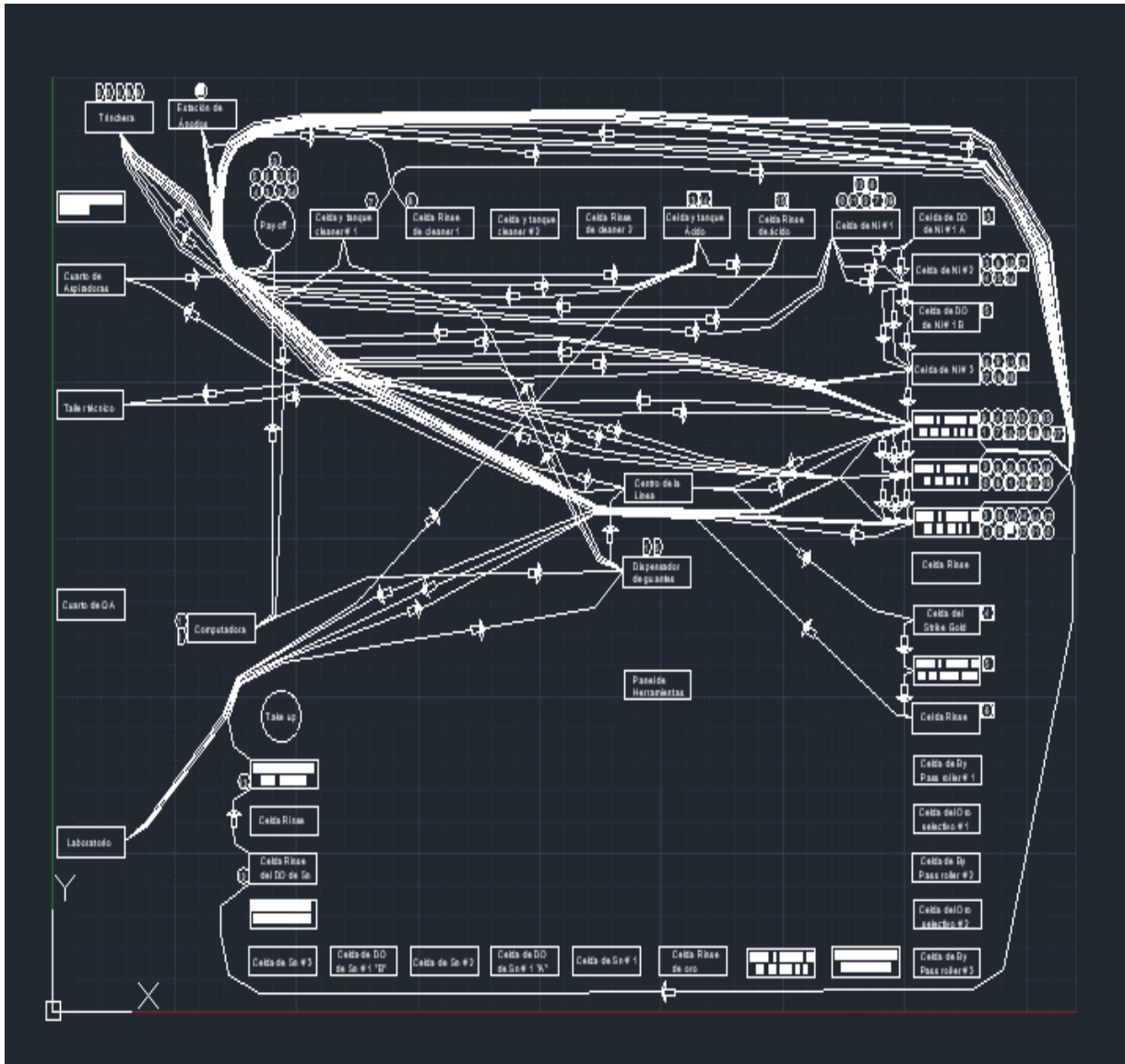


Ilustración 29. Diagrama de recorrido operador # 2 situación Resultado

Fuente: elaboración propia.

## Registro de Mantenimiento de la Línea Strip

Línea #13/14 Tiempo Inicio: 6:50 PM Tiempo Final: 12:15 AM		Tiempo de máquina: 5h 25 min	
Responsabilidades del Operario		Fecha	Operario #
1	Desectar los cleaner(s) y aspirar Tanque / Lienar	08/01/19	6634
2	Desectar/Asp/Lienar todos D.O. Cobre (si aplica)	n/a	n/a
3	Desectar/Asp/Lienar todos D.O. Niquel	08/01/19	6634/7909
4	Desectar/Asp/Lienar D.O. Estaño	08/01/19	7909
5	Cambiar el Post Treat (si aplica)	n/a	n/a
6	Cambiar Agua Caliente	08/01/19	7909
7	Notificar al Técnico Mant. reiniciar los calentadores	08/02/19	7909
8	Aspirar todas las Celdas de Plating / Trays derrames	08/03/19	6634
9	Limpiar los rodillos pay-off / acumulador	08/04/19	6634
10	Limpiar los rodillos take-up rollers / acumulador	08/01/19	7909
11	Limpiar/Cambiar los platos de ánodos de ácido	n/a	n/a
12	Limpiar/Cambiar los platos de ánodos de limpieza	08/01/19	6634
13	Rociar/limpiar los tanques y celdas (usar agua)	08/01/19	6634
14	Limpiar los rectificadores/cables	08/01/19	7909
15	Limpiar los conductores eléctricos/canaletas	08/01/19	7909
16	Limpiar el marco, tuberías, y parte superior de la línea	08/01/19	7909
17	Limpiar por dentro/fuera la aspiradora y regresarla	08/01/19	6634/7909
18	Limpiar y organizar la estación de trabajo del operario	08/01/19	6634/7909
<b>Ánodos: referir al calendario MP para frecuencia</b>			
1	Retirar las canastas de la línea	08/01/19	6634/7909
2	Aspirar las celdas	08/01/19	6634/7909
3	Obtener canastas nuevas/limpias del carrito	08/01/19	6634/7909
4	Instalar las canastas en la línea	08/01/19	6634/7909
<b>Responsabilidades del Técnico de Mantenimiento</b>			
1	Reemplazar todos los O-Rings	08/01/19	13764
2	Revisar las conexiones de cables del rectificador	08/01/19	13764
3	Limpiar/destaques los tubos de airwipes y drenajes	08/01/19	13764
4	Revisar la presión alta de las boquillas rociadoras	08/01/19	13764
5	Retirar y limpiar los ensambles del housing de contacto	08/01/19	13764
6	Reemplazar los bloques de contacto desgastados	08/01/19	13764
7	Revisar/Reemplazar almohadillas/cargadores gastados	08/01/19	13764
8	Relenar el carrito de agua caliente y encender el calentador	08/01/19	13764
9	Limpiar sensor de conductividad del Dragout del Oro	08/01/19	13765
10	Revisar si existen fugas entre las celdas	08/01/19	13766
11	Revisar el funcionamiento del cover sensor	08/01/19	13767
<b>Cambios de filtro</b>			
1	Cobre - Niquel - Carbón	08/01/19	13764
2	Strike - Hard Gold - Estaño - Inlet Hydrex	08/01/19	13764
<b>Unidades de Tinta (si aplica)</b>			
1	Remojo / Limpieza / Cabeceeras	n/a	n/a
2	Revisar por acumulación de tinta	n/a	n/a
3	Cambiar el tanque del Stripper	n/a	n/a
<b>MP Celda Select</b>			
1	Según CO-PL-WI-4001-M Sección 5	08/01/19	13764
<b>Responsabilidades Laboratorio</b>			
1	Agregar el Electrocleaner, Post Treat, Ácido	08/01/19	2773/13764
2	Garantizar que la concentración del ácido es correcta	08/01/19	2773/22585
3	Verificar que TODOS los D.O. de níquel están > 3pH	08/01/19	2773/22585
4	Verificar que las temperaturas del baño sean +/- 3 de vista	08/01/19	2773/22585

CO-PL-FRM-4000-M  
Rev I; 2/22/2017

Ilustración 30. Reporte de PM tercera observación 1 de 2

Fuente: elaboración propia.

- 5 Inspeccionar bolsas y canastas de ánodos por defectos
- 6 Realizar leaching en los tanques del Nickel Dragout


Laboratorio  
Laboratorio

08/01/19	2773/22585
08/01/19	2773/22585

Técnico Mantenimiento:  
Gabriel Ibarra

Laboratorista:  
Arnoldo Vargas  
Stephanie Rojas

Operarios  
Mauricio Jimenez  
Olman Campos

Supervisor:   
La línea se ha entregado en buenas condiciones y  
Con todas sus tareas terminadas

Comentarios: Anodos  
Change

PM time 11:30 pm 4h 40 min  
Extra Time due long leaching  
~~1h 25~~ min




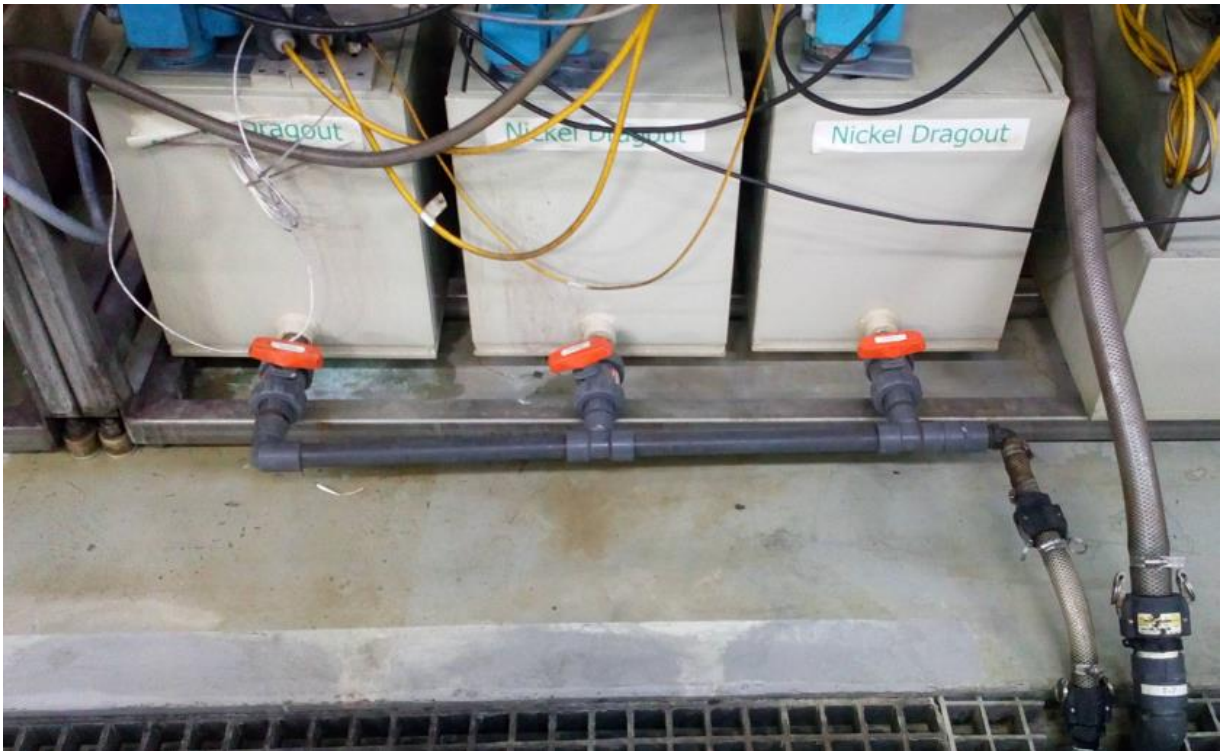
  
  
  
  
Arnoldo Vargas  
2773.

Ilustración 31. Reporte de PM tercera observación 2 de 2

Fuente: elaboración propia.



*Ilustración 32.* Tubería de drenado de Níquel 1 pulgada

Fuente: elaboración propia.



*Ilustración 33.* Tubería de drenado de Níquel 2 pulgadas

Fuente: elaboración propia.

DO	Vi	Hora Inicio	Hora final
l1		7:20	8:20
l2		9:00	10:00
l3		10:30	11:30

Ilustración 34. Pizarra de acrílico en la sección DO de Níquel

Fuente: elaboración propia.



*Ilustración 35.* Bolsos con herramientas de asignación por línea

Fuente: elaboración propia.



*Ilustración 36.* Panel de herramientas

Fuente: elaboración propia.



*Ilustración 37.* Aspiradora uso general

Fuente: elaboración propia.



*Ilustración 38.* Aspiradora uso solo oro

Fuente: elaboración propia.



*Ilustración 39.* Canastas de ánodos de Estaño

Fuente: elaboración propia.



*Ilustración 40.* Canastas de ánodos de Níquel

Fuente: elaboración propia.



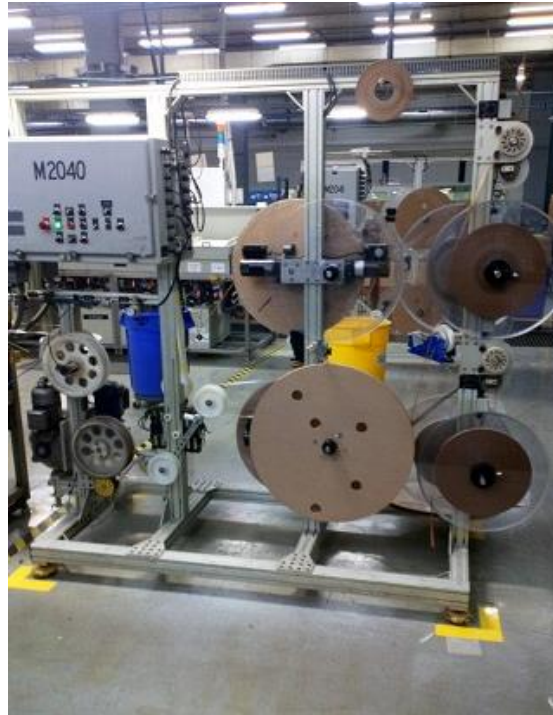
*Ilustración 41.* Estación de ánodos Pay off

Fuente: elaboración propia.



*Ilustración 42.* Pay off

Fuente: elaboración propia.



*Ilustración 43.* Take up

Fuente: elaboración propia.



*Ilustración 44.* By pass roller

Fuente: elaboración propia.



*Ilustración 45. Placas de Cleaner*

Fuente: elaboración propia.



*Ilustración 46. Celda de Rinse*

Fuente: elaboración propia.



*Ilustración 47.* Tanques de almacenamiento de agua

Fuente: elaboración propia.



*Ilustración 48.* Manguera para agua

Fuente: elaboración propia.



*Ilustración 49.* Strip line

Fuente: elaboración propia.