

**UNIVERSIDAD  
HISPANOAMERICANA**

**CARRERA INGENIERIA INDUSTRIAL**

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE  
LICENCIATURA EN LA CARRERA  
INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**PROPUESTA DE MEJORA PARA LA  
REDUCCIÓN DE COSTOS DEL  
PROCESO DE ENFRIAMIENTO EN  
PLANTA BIA ALAMBRES S.A. DE  
OCTUBRE 2020 A MAYO 2021.**

**Sustentante:  
Gustavo Adolfo Schmidt Picado**

**TUTOR:  
Ing. Jonathan Pérez Largaespada**

**Julio, 2021**

## DECLARACIÓN JURADA

Yo Gustavo Adolfo Schmidt Picado, mayor de edad, portador de la cédula de identidad número G-0333-0413 egresado de la carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad Hispanoamericana, hago constar por medio de éste acto y debidamente apercebido 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 licenciatura, juro solemnemente que mi trabajo de investigación titulado: Propuesta de Mejora para la reducción de costos del proceso de enfriamiento en planta BIA Alambres Costa Rica S.A. de octubre 2020 a mayo 2021, 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 treinta días del mes de junio del año dos mil veintiuno.

Gustavo Schmidt

Firma del estudiante

Cédula: G-0333-0413

## CARTA DEL TUTOR

Puntarenas, 25 de junio de 2021

**Señores:**  
**Carrera: Ingeniería Industrial**  
**Universidad Hispanoamericana**

Estimado señor:

El estudiante Gustavo Adolfo Schmidt Picado, cédula de identidad número 603330413, me ha presentado, para efectos de revisión y aprobación, el trabajo de investigación denominado "PROPUESTA DE MEJORA PARA LA REDUCCIÓN DE COSTOS DEL PROCESO DE ENFRIAMIENTO EN PLANTA BIA ALAMBRES S.A. DE OCTUBRE 2020 A MAYO 2021", el cual ha elaborado para optar por el grado académico de Licenciatura

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%	17%
C)	COHERENCIA ENTRE LOS OBJETIVOS, LOS INSTRUMENTOS APLICADOS Y LOS RESULTADOS DE LA INVESTIGACION	30%	27%
d)	RELEVANCIA DE LAS CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	20%	18%
e)	CALIDAD, DETALLE DEL MARCO TEORICO	20%	18%
	TOTAL		<b>90%</b>

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

Atentamente,

JONATHAN PEREZ  
LARGAESPADA (FIRMA)

Firmado digitalmente por  
JONATHAN PEREZ LARGAESPADA  
(FIRMA)  
Fecha: 2021.06.25 09:17:02 -06'00'

**Nombre: Jonathan Pérez Largaespada**  
**Cédula identidad: 205820315**  
**Camé Colegio Profesional: NA 2871**

## CARTA DEL LECTOR

San José, 14 de setiembre, 2021

**Señores:**  
**Ingeniería Industrial**  
**Universidad Hispanoamericana**

Estimados señores:

El estudiante, **Gustavo Adolfo Schmidt Picado** cédula de identidad número **6-0333-0413**, presentó el trabajo de investigación denominado: " **PROPUESTA DE MEJORA PARA LA REDUCCIÓN DE COSTOS DEL PROCESO DE ENFRIAMIENTO EN PLANTA BIA ALAMBRES S.A. DE OCTUBRE 2020 A MAYO 2021**", el cual elaboró para optar por el grado académico de **LICENCIATURA** en Ingeniería Industrial.

En mi calidad de lector, he verificado en detalle, los aspectos relativos a la elaboración del problema, objetivos, justificación; antecedentes, marco teórico, marco metodológico, tabulación, análisis de datos; propuesta, conclusiones y recomendaciones del TFG.

Por lo anteriormente señalado, puede continuar con el proceso que corresponda.

**Jorge Rovira** Firmado digitalmente  
por Jorge Rovira  
Guzman  
**Guzman** Fecha: 2021.09.14  
21:38:36 -06'00'

Nombre: Jorge Rovira Guzmán  
Cédula identidad 1-0749-0253  
Carné Colegio Profesional N: II-29011

**UNIVERSIDAD HISPANOAMERICANA  
CENTRO DE INFORMACION TECNOLOGICO (CENIT)  
CARTA DE AUTORIZACIÓN DE LOS AUTORES PARA LA CONSULTA, LA  
REPRODUCCION PARCIAL O TOTAL Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA  
DE LOS TRABAJOS FINALES DE GRADUACION**

San José, 15 de Septiembre 2021

Señores:  
Universidad Hispanoamericana  
Centro de Información Tecnológico (CENIT)

Estimados Señores:

El suscrito (a) Gustavo Adolfo Schmidt Picado con número de identificación 6-0333-0413 autor (a) del trabajo de graduación titulado: **PROPUESTA DE MEJORA PARA LA REDUCCIÓN DE COSTOS DEL PROCESO DE ENFRIAMIENTO EN PLANTA BIA ALAMBRES S.A. DE OCTUBRE 2020 A MAYO 2021** presentado y aprobado en el año 2021 como requisito para optar por el título de **LICENCIATURA** en Ingeniería Industrial; autorizo al Centro de Información Tecnológico (CENIT) 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,

Gustavo Schmidt 60333413  
Firma y Documento de Identidad

## **DEDICATORIA**

Deseo dedicar este proyecto a Dios, porque en el transcurso del desarrollo del proyecto se me presentaron muchas dificultades y gracias a la fortaleza que me dio y la esperanza puesta en él, es un hecho la culminación de este proyecto.

## **AGRADECIMIENTOS**

Primeramente, agradezco a Dios, porque a lo largo de este camino universitario me ha permitido ver su mano poderosa en cada etapa. Sin él no fuera sido posible alcanzar mis metas, él fue mi fortaleza, consuelo y el que creyó en mi antes que todos y todo lo que soy se lo debo a él.

Agradezco a mis hijas hermosas quienes siempre me apoyaron, ellas fueron mi fuente de inspiración. Agradezco a mis seres más allegados por su preocupación e interés. A mi tía Marielena en especial que me brindó su apoyo en todo momento y siempre estuvo presente cuando más ocupe de ella.

Agradezco al equipo de mantenimiento y a todos los colaboradores de los diferentes procesos que a pesar de la situación emergencia del Covid-19, siempre se esforzaron por ayudarme en lo que fuera posible. Agradezco a la administración de BIA Alambres Costa Rica S.A por brindarme la oportunidad de desarrollar mi proyecto de investigación sus instalaciones.

A Jonathan Largaespada, mi tutor, por su tiempo, por su guía y paciencia que ha tenido para conmigo.

¡Bendiciones!

# ÍNDICE

DECLARACION JURADA .....	ii
CARTA DEL TUTOR.....	iii
CARTA DEL LECTOR.....	iv
CARTA DE AUTORIZACION .....	iv
DEDICATORIA .....	v
AGRADECIMIENTOS .....	vii
ÍNDICE .....	viii
INDICE DE FIGURAS .....	xv
INDICE DE TABLAS .....	xvii
LISTADO DE ACRÓNIMOS .....	xviii
RESUMEN .....	xix
CAPITULO 1.....	21
DEFINICION DEL PROBLEMA .....	21
1.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO.....	22
1.2 INDENTIFICACIÓN DE LA EMPRESA.....	23
1.2.1 Identificación General de la empresa.....	24

1.2.2 Antecedentes del contexto de la empresa.....	27
1.3 PLANTAMIENTO DEL PROBLEMA.....	31
1.3.1 Idea del problema.....	31
1.3.2 Definición del problema .....	32
1.4 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN .....	33
1.4.1 Objetivo general.....	33
1.4.2 Objetivos específicos .....	34
1.5 Alcances y limitaciones .....	34
1.5.1 Alcances.....	34
1.5.2 Limitaciones.....	35
CAPITULO 2.....	36
MARCO TEÓRICO .....	36
2.1 MARCO CONCEPTUAL GENERAL RELATIVO A LA CARRERA.....	37
2.1.1. Proceso.....	37
2.1.2. Tipos de proceso .....	38
2.1.3. Subprocesos .....	39
2.1.4 Mejora de procesos .....	40
2.1.5 Mejora continua .....	41

2.2 MARCO CONCEPTUAL ATENIENTE A LA GESTIÓN DE PROYECTO	42
2.2.1. Seis sigma	42
2.2.1.1. Principios de seis sigma	43
Principio uno: auténtica orientación al cliente	43
Principio dos: gestión orientada a datos y hechos	44
Principio tres: orientación a procesos, gestión por procesos y mejora de procesos	44
Principio cuatro: gestión proactiva	45
Principio cinco: colaboración sin fronteras	45
Principio seis: búsqueda de la perfección; tolerancia a los errores	46
2.2.2 El modelo de mejora DMAIC de Seis Sigma	47
Definir	48
Criterios de la etapa de definición	48
Distribución en planta	51
Entrevistas	52
Medir	52
Histogramas:	53
Tipos	54

Diagramas de barras simples .....	54
Diagramas de barras compuestas .....	54
Diagramas de barras agrupadas .....	55
Polígono de frecuencias .....	55
Ojiva porcentual.....	55
Analizar.....	55
Diagramas de tendencias: .....	56
Diagrama de causa- efecto:.....	57
Diagrama de Gantt: .....	59
Mejorar.....	60
Herramientas:.....	61
Cuadros Comparativos:.....	63
Herramientas:.....	65
Controles Visuales: .....	66
2.2.3 Ciclo de Deming .....	67
<b>2.3 MARCO CONCEPTUAL REFERENTE AL IMPACTO DEL PROYECTO</b>	<b>68</b>
2.3.1 Beneficios del uso de la mejora continua. ....	68
2.3.2. Necesidad de la mejora de procesos .....	68

2.3.3 ANALISIS DEL COSTO BENEFICIO DEL PROYECTO.....	69
2.3.4 ANALISIS DEL VAN Y TIR .....	71
2.4 ANTECEDENTES DE PROYECTOS O EXPERIENCIAS SEMEJANTES .	75
CAPITULO III.....	78
MARCO METODOLÓGICO.....	78
3.1 METODOLOGÍA PARA LA DEFINICIÓN DEL PROBLEMA .....	79
3.2 METODOLOGÍA PARA LA MEDICIÓN Y RESPALDO CUALITATIVO DEL PROYECTO.....	80
3.3 METODOLOGÍA PARA LA PROPUESTA DE MEJORA CONSTRUCCIÓN O PUESTA EN PRÁCTICA DE UN NUEVO PROCESO PRODUCTO SERVICIO. ....	81
3.4 METODOLOGIA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO .....	83
3.5 METODOLOGIA PARA LA VERIFICACIÓN, ASEGURAMIENTO CONTROL Y ASEGURAMIENTO DE RESULTADOS.....	83
CAPÍTULO IV .....	86
LÍNEA BASE Y ANÁLISIS DE CAUSAS .....	86
4.1.2 Controles del proceso de enfriamiento .....	90
4.1.3 Personal Involucrado en el Proceso .....	91
4.1.4 Diagrama de Flujo del Proceso de Enfriamiento .....	92

4.1.5 Diagrama de Recorrido del Proceso de Enfriamiento .....	93
4.2 RECOLECCIÓN DE DATOS .....	94
4.2.1 Consumo histórico de energía de los enfriadores. ....	94
4.2.3 costo del consumo de energía mensual.....	95
4.2.4 Costos de mantenimiento en dólares .....	96
4.2.5 HORAS HOMBRE POR MANTENIMIENTO DE LOS ENFRIADORES .....	97
4.2.6 MEDICIÓN DE LA TEMPERATURA DEL AGUA.....	98
4.2.7 Diagrama de Ishikawa .....	99
4.2.8 Entrevista .....	103
CAPÍTULO V .....	106
LÍNEA BASE Y ANÁLISIS DE CAUSAS .....	106
5.1 PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS.....	107
5.1.2 Renovación del equipo.....	107
5.1.3 Sustitución de los equipos por otros de tecnología moderna.....	107
5.1.4 Análisis comparativo de tecnologías nuevas. ....	109
5.2 PLAN DE IMPLEMENTACIÓN DE LA MEJORA.....	110
Fase 1: Compra de los equipos .....	110

5.4 PLANES DE CONTROL .....	122
CAPITULO VI .....	124
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	124
6.1 CONCLUSIONES .....	125
6.2 RECOMENDACIONES.....	126
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	128
Referencias bibliográficas.....	129
ANEXOS .....	131
FOTOS DE ENFRIADORES ACTUALES TIPOS CHILLER .....	132
ENTREVISTA AL SEÑOR JORGE AGÜERO JEFE DE MANTENIMIENTO. .....	133

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Distribución de Bekaert a nivel mundial.....	24
Figura 2. Ubicación geográfica en Costa Rica.....	28
Figura 3. Cadena de procesos de productos.....	29
Figura 4. Distribución de planta BIA Alambres.....	30
Figura 5. Tipos de productos.....	31
Figura 6. Diagrama de flujo de procesos.....	50
Figura 7. Simbología usada en el diagrama de recorrido.....	51
Figura 8. Histograma.....	53
Figura 9. Diagrama Ishikawa.....	58
Figura 10. Diagrama de Gantt .....	60
Figura 11. Métricas de proceso y de proyecto.....	85
Figura 12. Circuito.....	88
Figura13. Diagrama de Flujo del proceso de enfriamiento.....	92
Figura 14. Diagrama de recorrido.....	93
Figura 15. Gráfico de consumo KW.....	94
Figura 16. Gráfico de costos de energía.....	95
Figura 17. Gráfico de costos por mantenimiento.....	96
Figura 18. Gráfico de horas hombre .....	97
Figura 19. Gráfico de temperatura de agua.....	98

Figura 20. Diagrama de Ishikawa.....	100
Figura 21. Diagrama de Gantt compra de las torres de enfriamiento.....	112
Figura 22. Área de instalación de las torees de enfriamiento.....	113
Figura 23. Diagrama de Gantt implementación de la propuesta.....	114
Figura 24. Grafica comparativa del consumo de energía de los equipos actuales respecto a las torres de enfriamiento.....	116
Figura 25. Comparativo por costos de energía en colones.....	117
Figura 26. Comparativo ahorro de horas hombre por mantenimiento.....	118
Figura 27. Comparativo ahorro por repuestos.....	119

## **INDICE DE TABLAS**

Tabla 1. Capacidad de los enfriadores.....	90
Tabla 2. Capacidades para la selección de equipos.....	108
Tabla 3. Comparativo De Tecnologías.....	109
Tabla 4. Costos de Implementación de Las Torres de Enfriamiento.....	111
Tabla 5. Flujo de caja e indicadores económicos de inversión para la utilización de las torres de enfriamiento.....	121

## **LISTADO DE ACRÓNIMOS.**

BP\_01: Bomba Principal Uno

BP\_02: Bomba Principal Dos

TC\_AI: Tanque de Captación de Agua Industrial

IC: Intercambiador de Calor

CH\_01: Chiller Uno

CH\_02: Chiller Dos

CH\_03: Chiller Tres

CH\_04: Chiller Cuatro

TN: Toneladas

TN/Ref.: Toneladas de Refrigeración

BIA: Bekaert Ideal Alambrec

Kwh: kilovatio Hora

VAN: Valor Actual Neto

TIR: Tasa Interna de Retorno

PRI: Periodo de Retorno de Inversión

## **RESUMEN**

El presente proyecto surge ante la necesidad de la empresa BIA Alambres de mejorar el sistema de enfriamiento de agua instalado en la planta, el cual está compuesto por equipos de enfriamiento tipo chiller que poseen un tiempo prolongado de operación.

El proyecto consistió en el análisis del sistema de enfriamiento utilizado para enfriar los procesos de electro soldado, grafilado, trefilado y recocido.

El aumento de temperatura en estos procesos genera consecuencias negativas, las cuales impactan la calidad del producto, así como el daño de componentes de las maquinas. Por otro lado, el desgaste en el que se encuentran los equipos de enfriamiento, disminuye la eficiencia de estos y aumenta sus costos de operación, sumado a esto el consumo alto de energía de los enfriadores. Por esta razón se realizó un estudio y una propuesta de mejora del proceso de enfriamiento actual utilizando criterios de selección de equipos y aplicando tecnología moderna que optimice las condiciones energéticas y económicas del sistema de enfriamiento actual.

Por lo anterior se busca una propuesta de mejora para el proceso de enfriamiento mediante el reemplazo de los equipos actuales que tienen un tiempo prolongado en operación por equipos modernos disponibles en el mercado en donde se presenta un planteamiento de alternativas que permitan mejorar el sistema de enfriamiento de la planta BIA Alambres.

Es así que en el desarrollo de la presente investigación se logra determinar que en el mercado actual se encuentran sistemas con mayor eficiencia operativa que permitirán disminuir los costos por operación y consumo de energía de los equipos actuales.

Como principal alternativa se propone la utilización de torres de enfriamiento, este sistema propuesto permite el abastecimiento de agua helada a los procesos productivos, mediante el principio de evaporación, lo cual genera una mayor eficiencia de operación comparado con los equipos actuales y por consiguiente un ahorro de energía y monetario considerable al reducirse los costos por mantenimiento y consumo de energía.

Esta propuesta es presentada con un estudio económico mediante un análisis de pre factibilidad, con el cual se permite recomendar la alternativa propuesta para mejorar el sistema de enfriamiento de la empresa BIA Alambres Costa Rica S.A.

## **CAPITULO 1**

### **DEFINICION DEL PROBLEMA**

## **1.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO**

La compañía BIA Alambres Costa Rica S.A. manufactura y comercializa productos para la construcción y cerramientos agrícolas siendo una empresa reconocida por la calidad de sus productos. La actividad de la empresa se basa en la transformación del metal a través de la trefilación de la materia prima conocida como alambión.

El proceso de enfriamiento es uno de los sistemas centrales de los cuales depende el proceso productivo de BIA Alambres para el desarrollo de sus actividades. Los equipos actuales que componen estos procesos conocidos como enfriadores tienen bastantes años en uso y ya han cumplido su vida útil.

El presente proyecto busca identificar, analizar y proponer una propuesta de mejora para el proceso de enfriamiento con el fin de reducir los costos por mantenimiento y consumo de electricidad y hacerlo más medible y controlable.

En el primer capítulo se identifica el problema que se pretende solucionar con el estudio y su respectiva justificación. También se detalla la historia de la empresa y se plantean los objetivos del proyecto, junto con los alcances y limitaciones.

En el segundo capítulo, se detalla el marco teórico de la investigación, donde se muestran las diferentes teorías para el desarrollo de la propuesta de mejora.

En el tercer capítulo se compone del marco metodológico de la investigación el cual nos servirá para entender para entender la forma en que se desarrolla la investigación.

En el cuarto capítulo se muestra el estado actual del proceso, por lo cual se sienta un diagnóstico del estado del proceso. Así mismo en el quinto capítulo se procede con el desarrollo de la nueva propuesta de mejora, con su respectiva solución planteada. Finalmente, en el sexto capítulo se detalla la conclusión y recomendación de la investigación realizada.

La mejora del proceso de enfriamiento marcará una diferencia en los costos por mantenimiento y consumos los cuales al ser menores servirá como referencia para lograr los objetivos de la compañía en cuanto a la reducción de costos y aumento de la utilidad de la compañía.

## **1.2 INDENTIFICACIÓN DE LA EMPRESA**

BIA Alambres Costa Rica es una sociedad que cuenta con el respaldo del grupo BEKAERT uno de los grupos más grandes en la producción de acero en el mundo.

Bajo la directriz del grupo de BEKAERT la empresa se orienta bajo estándares de calidad en cuanto a productos y servicios buscando ser el socio preferido para sus clientes, con una clara Filosofía de negocios fundamentada en el desarrollo sostenible y la responsabilidad social.

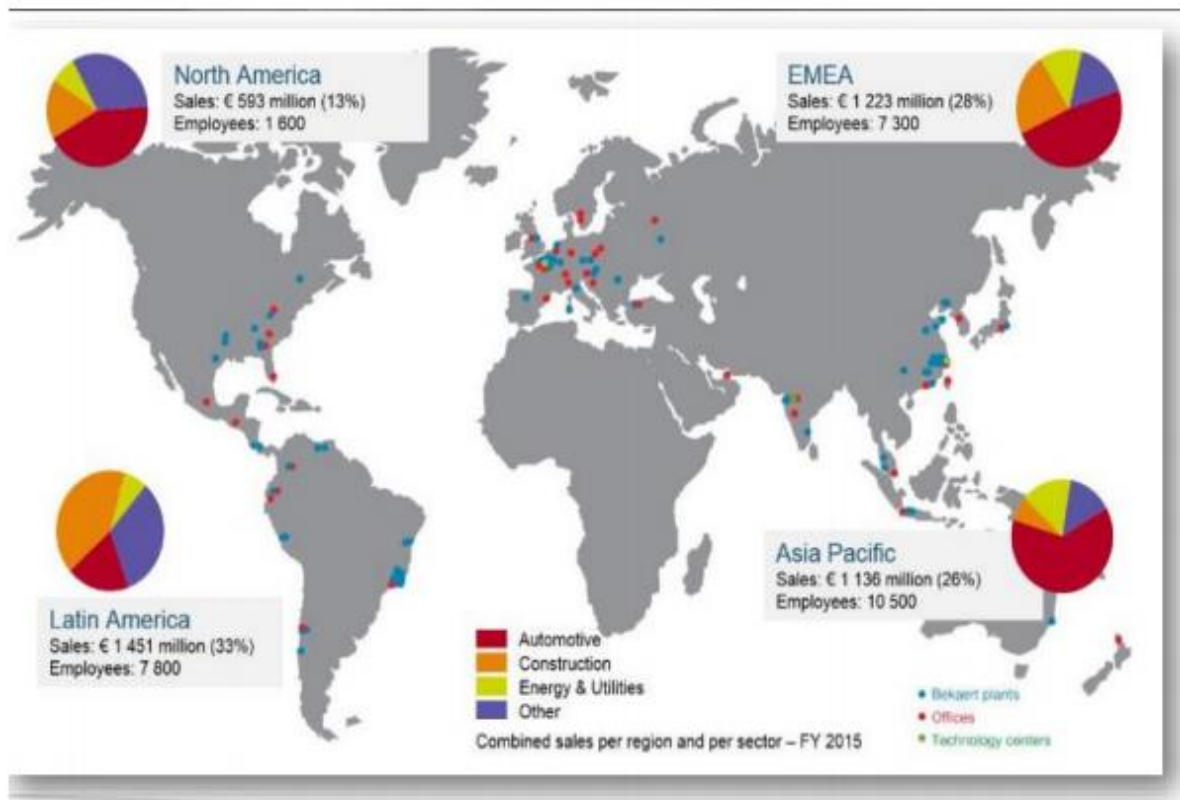


Figura 1. Distribución de Bekaert a nivel mundial

Fuente: Gerencia de Recursos Humanos, Bekaert C.R.

### 1.2.1 Identificación General de la empresa

Visión

“Salvaguardar el futuro de nuestra compañía a través del crecimiento rentable y sostenible” (Bekaert CR, 2014).

“Ser reconocidos como líder mundial en nuestros segmentos de negocios seleccionados, ofreciendo a nuestros clientes (como su proveedor preferido) productos y servicios innovadores y de alta calidad” (Bekaert CR, 2014).

“Mantener nuestra posición como un empleador para el mejor talento al proveer oportunidades de crecimiento profesional y recompensas competitivas, reflejando así el valor que colocamos en la diversidad mundial”

#### Misión

“En Bekaert nos enfocamos en el crecimiento rentable y sostenible” (Bekaert CR, 2014).

Realizamos todo esto por todo el mundo de manera responsable y profesional al implementar nuestro mercado mundial y estrategia de liderazgo tecnológico dentro de los segmentos de negocios y mercados en donde somos activos al trabajar conjuntamente hacia el éxito con nuestros clientes, proveedores y otros socios comerciales dentro de nuestra organización y a lo largo de las divisiones y regiones. (Bekaert CR, 2014).

#### Política de calidad

- Queremos que nuestros clientes nos consideren como su proveedor preferido.
- Requerimos de la pasión y del compromiso de todos nuestros empleados a nivel regional.

- La excelencia corporativa es lo que conecta al cliente satisfecho con el empleado de alto rendimiento.
- La calidad es esencial para el logro de la misión y de las creencias del grupo de Bekaert.
- El principal enfoque de la calidad total es la comprensión y satisfacción de las necesidades futuras de los clientes y de los mercados.
- Cada persona en el grupo Bekaert cuenta con un cliente ya sea interno o externo.
- Cada departamento y cada persona en el grupo Bekaert debe continuamente buscar niveles más altos de excelencia a través del respecto de las normas y participando en los esfuerzos de la mejora continua.
- A fin de brindar soporte a lo anterior, el grupo Bekaert:
- No tomara decisiones o realizara acciones que podrían rebajar de forma alguna el nivel establecido de calidad o de satisfacción del cliente.
- Desarrollará los talentos, la cooperación y la experiencia de sus empleados.
- Proveerá la capacitación, los equipos, los materiales y los procedimientos necesarios.
- Luchara por establecer relaciones entre sus empleados basadas en integridad, confianza, trabajo en equipo y resolución conjunta de problemas.
- El grupo Bekaert reconoce que su futuro está relacionado con el futuro de sus clientes y proveedores. Por tanto se busca una relación mutuamente beneficiosa resultando en la creación de valor para ambos.

- La buena calidad solamente puede ser obtenida dentro de un entorno que implementa la seguridad, la limpieza, el orden y las normas ambientales. Por tanto, todo empleado Bekaert debe asegurar que estas condiciones sean siempre satisfechas. (Bekaert CR, 2014)

### **1.2.2 Antecedentes del contexto de la empresa.**

En 1962 se instala en San José la primera empresa en Costa Rica especializada en la fabricación de productos laminados: Laminadora Costarricense, del grupo Pujol. En 1974 se funda trefilería de Colima, ubicada en San José. En el año 2000, entra en operación una nueva planta de trefilería situada en la Ceiba de Orotina y en el 2003, entra en operación otra planta laminadora ubicado en Guápiles.

Para el 2006, el grupo empresarial Belgo, ArcelorMittal-Brazil adquiere el 50% de las acciones de la sociedad: Laminadora Costarricense y trefilería de Colima. En agosto del 2006 el Arcelor y Mittal Steel se unen formando así un nuevo líder del acero: ArcelorMittal.

En el 2007, Laminadora y Trefilería Costarricense pasan a llamarse ArcelorMittal Costa Rica. Para el 2008, ArcelorMittal adquiere el 50% de las acciones restantes de laminadora costarricense y Trefilería de Colima, tomando el control de ambas empresas.

En el 2014, el grupo Bekaert adquiere el 73% de las acciones de la planta Trefilería, por lo que la planta pasa a llamarse BIA Alambres Costa Rica S.A. donde BIA significa Bekaert Ideal ArcelorMittal.

Ubicación geográfica:

- Oficinas corporativas de ventas:
- Edificio Murano, piso 1.
- Planta BIA Alambres Costa Rica:

La planta está ubicada en la Ceiba de Orotina, sobre el km 71 de la ruta 27 en el Complejo Industrial Condal, a 6 km de puerto Caldera, su extensión abarca los 22.000 m<sup>2</sup> y su capacidad instalada se establece en 100.000 toneladas métricas por año aproximadamente.



Figura 2. Ubicación geográfica en Costa Rica

Fuente: Gerencia de Recursos Humanos, BIA Alambres C.R.

## Tipos de Productos

Productos para la construcción como: varillas lisa y grafilada, Mallas electrosoldadas, malla eslabonada, alambre recocido y clavos.

Productos para el agro como: grapas galvanizadas, alambre de púas, alambre galvanizado y malla ganadera.

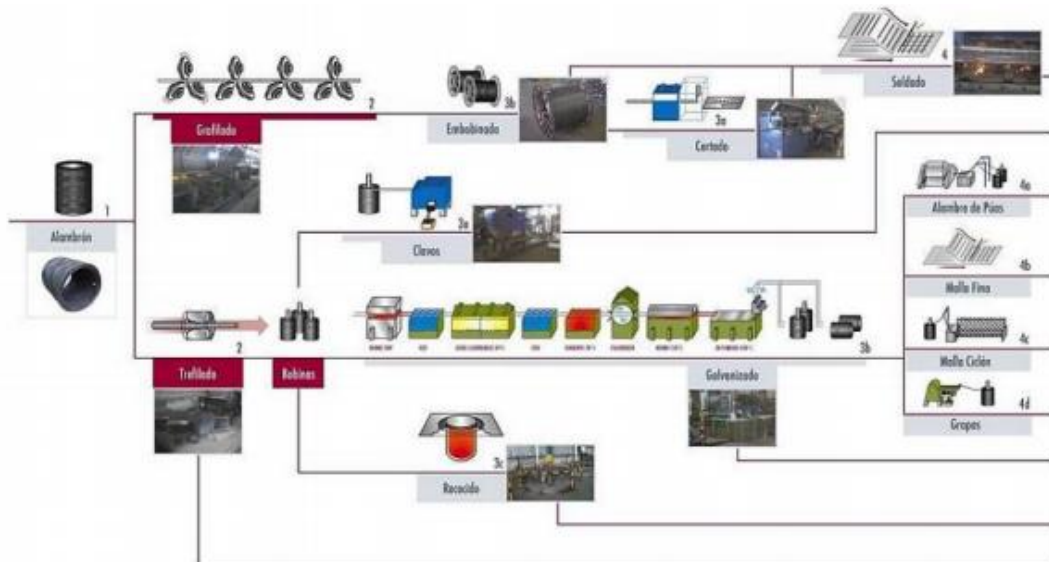


Figura 3. Cadena de procesos de productos

Fuente: Departamento de producción, BIA Alambres C.R.

La planta BIA Alambres se dedica a la transformación del metal iniciando con la materia prima más importante, la cual es el alambrión, a través de dos mecanismos para llegar a su producto final. El primer mecanismo pasa por el proceso de grafilado para ser desgastado y previamente embobinado, cortado y soldado; en el segundo

mecanismo, el alambri3n pasa por el proceso de trefilado, bobinas y puede ser llevado al departamento de galvanizado para producir: alambre de p3as, malla fina, malla cicl3n, grapas, o bien, pasa al proceso de recocido para otros fines.

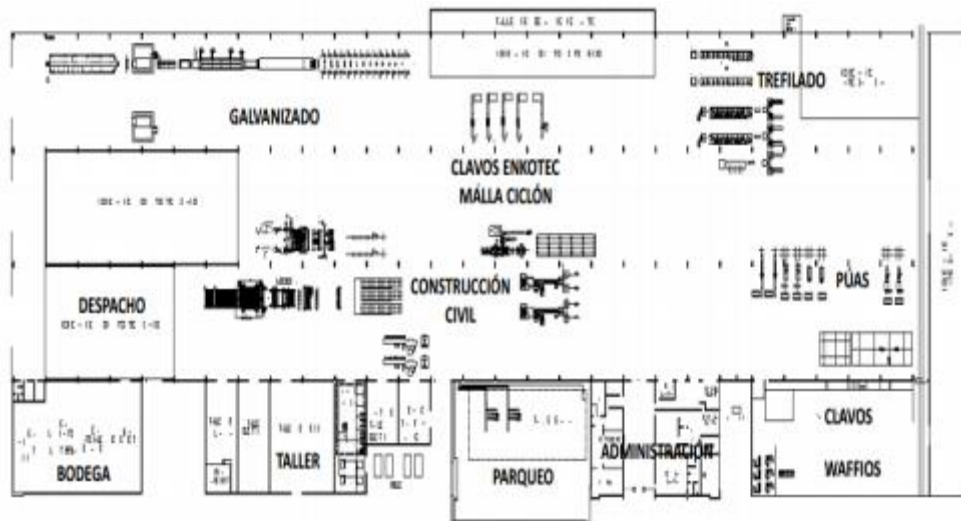


Figura 4. Distribuci3n de planta BIA Alambres.

Fuente: Departamento de producci3n, BIA Alambres C.R.

En la figura 4 se observa la distribuci3n de la planta BIA Alambres con todos los departamentos de producci3n con los que cuenta.



Figura 5. Tipos de productos

Fuente: Gerencia de Recursos Humanos, BIA Alambres C.R.

En la figura 5 se detallan los tipos de productos que se llevan a cabo en los diferentes procesos de producción de planta BIA Alambres.

### 1.3 PLANTAMIENTO DEL PROBLEMA

#### 1.3.1 Idea del problema

Los enfriadores de la planta BIA Alambres son susceptibles a sufrir constantes desperfectos ya que son equipos con más de 17 años de servicio motivo por el cual la compañía incurre en altos costos por mantenimiento, además de ser equipos que por su tecnología son altos consumidores de energía.

### **1.3.2 Definición del problema**

El problema es que los equipos de enfriamiento no logran bajar la temperatura óptima para los procesos, donde se utiliza el agua de enfriamiento. Los enfriadores representan el segundo mayor consumidor de energía y su costo de mantenimiento es alto.

Esto se considera un problema ya que afecta a los procesos en el sistema de enfriamiento.

Esto es un problema para la compañía ya que se ve afectada por los altos costos de energía eléctrica y su costo de mantenimiento anual.

### **1.3.3 Justificación del problema**

En todas las empresas se presentan oportunidad de mejoras que permiten mejorar los procesos mediante los cuales se obtienen un producto final logrando así la optimización de recursos y el cumplimiento de objetivos gerenciales orientados al éxito del negocio.

El presente proyecto sirve para que la empresa BIA Alambres considere los aspectos más importantes a tomar en consideración para la mejora del proceso de enfriamiento que permita solucionar los altos costos por mantenimiento y consumos de energía.

La implementación de este proyecto beneficia al personal operativo ya que mejora las condiciones de las maquinas productivas, al personal de mantenimiento ya que tendrán

menor ocupación en atender los equipos por fallas, en si la compañía será beneficiada al reducirse los costos por mantenimiento y consumo de energía.

Este proyecto contribuirá a mejorar y a optimizar el proceso de enfriamiento de las aguas industriales de la planta BIA Alambres Costa Rica durante el periodo de octubre 2020 a mayo 2021.

Como se mencionó anteriormente si se logra corregir el problema, se reducirían los costos de la compañía mejorando así la utilidad. Por otra parte, con la investigación realizada se estaría proponiendo dentro de la mejora equipos con nueva tecnología que permita mantener controles sobre los funcionamientos de los equipos y temperatura del agua garantizando así el funcionamiento óptimo del proceso.

Por otra parte, estas oportunidades de mejora anteriormente mencionadas, pretenden lograrse mediante la aplicación de herramientas de ingeniería: análisis de costos, diagrama de Ishikawa, entre otros.

## **1.4 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.4.1 Objetivo general**

Realizar una propuesta de mejora, mediante el desarrollo de un plan de inversión de equipos con nueva tecnología que puedan sustituir los enfriadores para la reducción de costos por mantenimiento y consumo de energía eléctrica y mejora de las condiciones del proceso de enfriamiento.

### **1.4.2 Objetivos específicos**

- Identificar las causas de los problemas presentados en los enfriadores de la planta BIA Alambres Costa Rica S.A.
- Definir el proceso de enfriamiento de planta BIA Alambres Costa Rica.
- Realizar una medición que muestre los consumos de energía y el estado actual de los enfriadores.
- Analizar los costos de operación de los equipos de enfriamiento en relación al mantenimiento y consumo de energía.
- Diseñar un plan de inversión de equipos con nueva tecnología que permitan reducir los costos por mantenimiento, consumo de energía y mejora de las condiciones del proceso de enfriamiento.

## **1.5 Alcances y limitaciones**

### **1.5.1 Alcances**

El alcance de este proyecto conlleva proponer una mejora del proceso de enfriamiento de la planta BIA Alambres. Lo anterior con el fin de reducir los costos por mantenimiento y consumos de energía, así como mejorar las condiciones del proceso de enfriamiento.

La finalidad de dicha mejora también implica en que las aguas industriales alcancen la temperatura deseadas para el funcionamiento óptimo de los procesos productivos y mejora la calidad de los productos de la planta BIA Alambres Costa Rica S.A.

El tiempo que abarca la investigación es de siete meses, iniciando en octubre 2020 y finalizando en el mes de mayo 2021.

### **1.5.2 Limitaciones**

La limitación más grande es la situación de la pandemia por el Covid-19, ya que la empresa ha limitado las visitas a planta y a muchos de sus colaboradores se les ha otorgado teletrabajo, esto hace que el acceso a la información se ha difícil, así como coordinar la vistas a la planta.

## **CAPITULO 2**

### **MARCO TEÓRICO**

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

La ingeniería industrial es la carrera que integra la parte práctica y funciones de los recursos humanos, financieros y materiales, se encarga de analizar, interpretar, comprender, diseñar, programar y controlar sistemas productivos y logísticos como lo que se realizará en la presente investigación donde se analizará la situación presente de los enfriadores de la empresa BIA alambres para comprender mejor su funcionamiento y luego se diseñara una propuesta de mejora del sistema de enfriamiento para controlar el gasto económico y mejorar la eficiencia y eficacia con el que se desarrolla el proceso optimizando así el área de proceso, integrando nuevas tecnologías y con ello lograr un máximo rendimiento, del proceso que se tiene en la actualidad.

### **2.1.1. Proceso**

El proceso es un conjunto o fenómenos o acciones que se desarrollan en un periodo de tiempo finito o infinito y cuyas fases sucesivas suelen conducir hacia un fin específico. Este término tiene muchas connotaciones, dentro de las acciones del ser humano o bien dentro de la naturaleza, pero para el sentido de esta investigación se puede decir que es conjunto de procedimientos sistematizados, organizados en el tiempo por fases o etapas consecutivas, para la obtener un resultado determinado.

Si se toma en consideración la utilización dentro de la ingeniería industrial, es común que se hable de procesos de gestión, de mejoras o de automatización; por lo que dentro de la ingeniería industrial el proceso puede ser tomado como una sucesión de tareas con el objetivo de lograr un fin o meta. Según Martínez y Cegada (2014)

Un proceso se dice que es un conjunto de actividades que están interrelacionadas y cuya característica es que consumen materias y tareas particulares, las cuales dan lugar a la creación de valor añadido en esas materias iniciales (input) con el objetivo de conseguir unos resultados (output). (p.40).

Por lo tanto, se puede decir que un proceso es la transformación de la materia prima mediante la mano de obra que puede ser directa o indirecta para obtener un resultado o un valor agregado de la materia prima considerado como producto y con ello se logra el objetivo para el cual se trabaja.

### **2.1.2. Tipos de proceso**

Aplicados a la carrera de ingeniería industrial se puede decir que existen tres tipos de procesos los cuales se detallaran a continuación:

- ✓ Proceso estratégico: puede definirse como una estrategia de la organización, son creados para dar dirección y gestión a la compañía. Permiten la definición y control de metas, políticas y estrategias; por lo que se puede decir que no solo son una serie de pasos a seguir, sino que tiene que ver más con el análisis por

parte de la dirección de la empresa. Puede decirse que inicia con un análisis de la situación para generar la formulación de misión, visión y objetivos de la empresa finalizando con la estrategia para alcanzar dichos objetivos.

- ✓ Proceso operativo: son una forma de gestión compuesta por diferentes metodologías cuya única finalidad es mejorar el desempeño de una empresa, y se implementan para optimizar el funcionamiento interno su principal característica es que no son únicos ni definitivos, deben estar en constante actualización y adaptación, generando un proceso continuo de mejoras. Estos se desarrollan a partir de la necesidad del cliente, según sus requerimientos, son interfuncionales, siendo capaces de cruzar de forma vertical y horizontal la organización. En síntesis, son las actividades realizadas para la satisfacción del cliente.
- ✓ Proceso de soporte o apoyo: son los procesos que promueven los recursos necesarios para que el trabajo dentro de la empresa sea más eficaz y eficiente y así se pueda generar productos más competitivos y con una calidad más atractiva para el cliente, son complemento de los procesos estratégicos y operativos, están relacionados con el abastecimiento de materias primas, con las herramientas, aplicaciones y equipos informáticos o con la formación del personal.

### **2.1.3. Subprocesos**

El subproceso es parte de un proceso, suele ser usado para dividir en partes o secciones más pequeñas un proceso con el fin de un mejor control y desarrollo de las actividades que deben ser realizadas, estos son de mejor jerarquía, son parte de un proceso que pretende dar valor agregado a un producto, pero se debe tener cuidado porque deben ser también supervisados.

Los subprocesos son procesos de menor jerarquía, debido a que, bien de manera individual o colectiva, estos también hacen uso de los recursos transformándolos o añadiéndoles valor dentro del sistema de gestión. Son partes que se encuentran bien definidas en un proceso (Martínez & Cegada, 2014, p. 45).

#### **2.1.4 Mejora de procesos**

Es importante recordar que para que se dé una mejora de procesos se dé un análisis un análisis amplio para conocer bien la empresa y su funcionamiento, sus objetivos estratégicos y su estructura organizacional.

La mejora de procesos, u optimización de procesos, consiste en el análisis del proceso como se encuentra ahora para encontrar ineficiencias y actividades que se pueden realizar de una forma mejor, con el objetivo de definir: nuevos objetivos, formas de trabajo, controles, integración de procesos y modernización. Para así garantizar calidad y satisfacción al cliente.

Lo primordial para el inicio de una mejora de procesos es realizar un análisis muy completo, tomando en consideración las personas que laboran dentro de esta empresa o departamento que de desea mejorar el proceso y conocer sus puntos de vista, ya que son ellos que día a día están relacionándose con el proceso a mejorar, ya que son los que mejor pueden explicar cuáles son sus deficiencias y fortalezas.

Luego del análisis del proceso, se debe realizar un modelado de proceso esto quiere decir ejecutar lo que se estableció de una forma eficaz y con la colaboración de todos los implicados durante este proceso se probará si está dando los resultados esperados, pero durante esta etapa igual puede encontrar contratiempos y aspectos que pueden seguirse mejorando quiere decir que se puede mejorar más dicho proceso.

Durante este proceso se da una metodología para mejorar el proceso la cual se conoce como ocho caras (8D), que es una metodología sistematizada para la aplicación de mejorar de proceso y puede darse en: reingeniería de procesos, gestión de calidad, gestión de operaciones entre otros.

### **2.1.5 Mejora continua**

El proceso de mejora continua es ejecutar constante acciones para mejorar los procesos en una organización, minimizando al máximo el margen de error y de pérdidas.

Dentro de la gestión de procesos en una empresa es una actividad imprescindible. El tener modelos eficientes de gestión de recursos y actividades le brinda a la compañía una ventaja competitiva en el mercado. Esto porque, permite entregar productos de manera más fluida, ofrecer servicios rápidos y con una comunicación más eficiente.

La mejora continua analiza estos procesos, cómo se desarrollan, qué impacto tienen y dónde se producen desviaciones. Esto para entregar un diagnóstico sobre el desempeño

del modelo de gestión de procesos. Y, adicionalmente, para proponer estrategias que mejoren esta gestión y corrijan esas desviaciones.

Y esta mejora continua va a utilizar el ciclo de Deming es el sistema más utilizado para implantar dicho plan. Recibe el nombre de Edwards Deming, quien fue su principal impulsor y es un ciclo utilizado para incrementar los estándares de calidad y trabajar de manera más eficaz, si se implementa correctamente mejorará sus niveles de rendimiento y productividad. Ya que todo el trabajo y esfuerzo se orienta al logro de los objetivos propuestos.

## **2.2 MARCO CONCEPTUAL ATENIENTE A LA GESTIÓN DE PROYECTO**

### **2.2.1. Seis sigma**

El seis sigma es principalmente una filosofía de trabajo que se creó como una metodología de mejora y solución de problemas complejos. Creada por el doctor Mikel Harry, quien la desarrolló como una herramienta de control y disminución de la variación en los procesos puede verse “como una estrategia de mejora continua enfocada al cliente que busca encontrar y eliminar las causas de errores, defectos y retrasos en los procesos” (Gutiérrez & De la Vara, 2009).

Seis Sigma es un enfoque revolucionario de gestión el cual mide y mejora la Calidad dentro de la empresa y busca la satisfacción de las necesidades de los clientes, al mismo

tiempo, busca lograrlo con niveles extremadamente detallados y con gran calidad, quiere decir que es un método, basado en datos, para llevar la Calidad hasta niveles próximos a la perfección, es diferente de otros enfoques ya que también corrige los problemas antes de que se presenten. Siendo más específicos, se trata de un esfuerzo disciplinado para examinar los procesos repetitivos de las empresas.

“Otra forma de definir Seis Sigma es como un esfuerzo de cambio de cultura radical para posicionar a una empresa de manera que satisfaga mejor a los clientes y hacerla más productiva y competitiva” (Pande, Peter, Neuman, & Cavanagh, 2002).

#### **2.2.1.1. Principios de seis sigma**

El seis sigma es un modelo de gestión de procesos que disminuye la variabilidad e incertidumbre, eliminando los elementos que generan error o fallas. Una de las características más importantes de este modelo es que se contrasta fuertemente en la práctica, quiere decir que la calidad se asegura en los procesos y no en las inspecciones. En ese orden la calidad se genera y se controla en los procesos y este principio tiene otros principios, que son:

##### **Principio uno: auténtica orientación al cliente**

Durante la década de los ochentas y noventas muchas empresas crearon políticas para satisfacer sus clientes sobrepasando las expectativas y necesidades de los clientes las

cuales la gran mayoría no lo logro porque fueron pocas empresas hicieron verdaderos esfuerzos para mejorar su comprensión en estas áreas.

En Seis Sigma, la prioridad es la orientación al cliente, las mejoras Seis Sigma dentro de una empresa se definen por su impacto en la satisfacción del cliente y por su valor.

### **Principio dos: gestión orientada a datos y hechos**

Seis Sigma se lleva el concepto de “dirección por hechos” a otro nivel más potente. Pese a todo el conocimiento existente los que están los sistemas mejorados de información, la gestión del conocimiento, muchas decisiones empresariales todavía se basan en opiniones y suposiciones. La disciplina Seis Sigma comienza con la aclaración que las medidas son las fundamentales para valorar el rendimiento del negocio; luego de esto aplica los datos y el análisis para comprender las variables clave y optimizar los resultados.

En un nivel más bajo, Seis Sigma ayuda a los directivos a responder si la información que genera realmente se necesita y como debe ser usada para mayor beneficio y esto para apoyar las decisiones y soluciones basadas en hechos

### **Principio tres: orientación a procesos, gestión por procesos y mejora de procesos**

En Seis Sigma, la acción está en los procesos. Aunque esta se trate del diseño de productos y servicios, de medir el rendimiento, de mejorar la eficacia y la satisfacción

del cliente, o incluso de hacer que la empresa funcione, Seis Sigma sitúa al proceso como medio clave del éxito.

Uno de los logros más importante que tiene Seis Sigma actualmente ha sido convencer a los líderes y a los directivos, en especial en actividades y mercados basados en servicios, que dominar los procesos no es un mal necesario, más bien que esta es una forma de construir ventajas competitivas en la entrega de valor a los clientes. Este visto de forma que hay más gente que convencer, con enormes oportunidades económicas unidas a tales actividades.

#### **Principio cuatro: gestión proactiva**

Este principio se base en ser “proactivo” en otras palabras anticiparse a los acontecimientos no esperando que algo suceda. En la realidad, la gestión proactiva es hacer un hábito de una serie de prácticas empresariales las cuales normalmente son ignoradas como por ejemplo: definir objetivos ambiciosos y revisarlos frecuentemente; establecer las prioridades de forma clara; centrarse en la prevención de problemas en lugar de tener que solucionar problemas porque simplemente así deben ser así sin dar la oportunidad a nuevas situaciones u oportunidades.

#### **Principio cinco: colaboración sin fronteras**

“Sin fronteras” es uno de los mantras de Jack Welch para el éxito empresarial. Anterior a Seis Sigma, se trabajaba para romper las barreras y mejorar el trabajo en equipo, hacia

arriba, hacia abajo y a través de las líneas de la organización. Las oportunidades disponibles a través de una mejor colaboración dentro de las empresas y con sus distribuidores y clientes son enormes.

Seis Sigma amplía las oportunidades de colaboración a medida que el personal aprende cómo encajan sus roles en la imagen que tienen de ellos y puede reconocer y medir la dependencia de las actividades en todas las partes de un proceso. La colaboración sin fronteras en Seis Sigma requiere una comprensión tanto de las necesidades reales de los usuarios finales como del flujo del trabajo en un proceso o en una cadena de suministro. También se necesita una actitud que impulse a utilizar el conocimiento de los clientes y procesos para beneficiar a todas las partes. Esto significa que el sistema Seis Sigma puede crear un entorno y unas estructuras de gestión que den soporte a un verdadero trabajo en equipo.

### **Principio seis: búsqueda de la perfección; tolerancia a los errores**

Este último principio suele parecer contradictorio, sin embargo, ambas ideas son complementarias. Ninguna empresa llegará cerca de Seis Sigma sin lanzar nuevas ideas y métodos, que siempre suponen un riesgo. Si la gente que ve una posible vía hacia un mejor servicio, costos más bajos, nuevas capacidades, etc., tiene demasiado temor a las consecuencias de sus errores, nunca lo intentará nuevas oportunidades o procesos que pueden llegar a ser un éxito, al no intentarlo lo que puede producir es un estancamiento, y muerte de la empresa.

Las técnicas para mejorar el rendimiento comprenden una dosis significativa de gestión del riesgo. La idea fundamental, sin embargo, es que cualquier empresa que haga de Seis Sigma su objetivo tendrá que impulsarse constantemente para ser cada vez más perfecta quiere decir constante en el cambio y al mismo tiempo estar dispuesta a aceptar y gestionar errores ocasionales.

### **2.2.2 El modelo de mejora DMAIC de Seis Sigma**

DMAIC es una herramienta interactiva utilizada para la mejora de procesos. Su uso más común es en proyectos que utilizan la metodología Seis Sigma, pero su aplicación no es exclusiva para proyectos guiados por dicha estrategia, lo que quiere decir que usted puede utilizar esa herramienta en cualquier situación en la cual desee implantar mejoras.

DMAIC con las siglas para cinco pasos: Definir, Medir, Analizar, Controlar y Mejorar (Define, Measure, Analyze, Improve y Control). Cada uno de estos pasos debe realizarse en el dicho orden D-M-A-I-C y, si al final del ciclo el resultado esperado no se alcanza los resultados esperados, entonces, el ciclo se debe reiniciar. Este proceso debe repetirse hasta que se alcance la mejora deseada.

Para una mejor comprensión a continuación se detallará cada uno de los pasos del DMAIC y lo que cada uno de ellos significa:

## **Definir**

Es el primer paso, según Roberto José Herrera y Tomas José Fontalvo (Seis Sigma Métodos Estadísticos y Sus Aplicaciones) los responsables definen el problema mediante la planeación que involucre las necesidades, la identificación del proceso y de sus interrelaciones, así como las variables críticas.

### **Criterios de la etapa de definición**

En esta etapa se establecen los siguientes pasos para la implementación:

1. A través de un diagnóstico preliminar, la organización debe conocer e identificar las áreas susceptibles de mejora, definir las metas, objetivos y alcance del proyecto.
2. Se debe identificar y evaluar la percepción tanto de los clientes activos como de los potenciales, para mantener una respuesta acorde con sus necesidades y expectativas en todo cuanto se refiere a la fiabilidad del producto, impacto ambiental, disponibilidad, tiempo de entrega, costo y seguridad. Comprender las necesidades y expectativas de los clientes es un elemento fundamental para el éxito de una organización.
3. De acuerdo con el análisis realizado en el diagnóstico se seleccionan los proyectos potenciales y se estiman los ahorros, el alcance razonable de tiempo que cada uno genera.
4. La caracterización de los procesos es de suma importancia para comprender de caracterizar el proceso radica en comprender cada una de las fases o de las diversas actividades que lo conforman, pues de ella depende el grado de confiabilidad del análisis para la toma de decisiones.

5. Selección del Líder y el equipo del Proyecto: el líder debe ser un empleado de la organización con conocimientos y experiencia en el área involucrada en el proyecto, con una comprensión suficiente de la filosofía Seis Sigma y la aplicación de las diversas herramientas que exige el DMAMC como:

Diagrama de flujo de procesos: es una herramienta utilizada para representar la secuencia e interacción de las actividades del proceso a través de símbolos gráficos. Los símbolos proporcionan una mejor visualización del funcionamiento del proceso, ayudando en su entendimiento y haciendo la descripción del proceso más visual e intuitivo.

En la gestión de procesos, la herramienta tiene como objetivo garantizar la calidad y aumentar la productividad de los trabajadores. Esto sucede pues la documentación del flujo de las actividades hace posible realizar mejoras y aclara mejor el propio flujo de trabajo.

Aplicaciones del flujo de proceso:

- ✓ Mejora la comprensión del proceso de trabajo.
- ✓ Muestra los pasos necesarios para la realización del trabajo.
- ✓ Crea normas estándar para la ejecución de los procesos.
- ✓ Demuestra la secuencia e interacción entre las actividades / proyectos.
- ✓ Puede ser utilizado para encontrar fallas en el proceso.
- ✓ Se puede utilizar como fuente de información para el análisis crítico.
- ✓ Facilita la consulta en caso de dudas sobre el proceso.

### Diagrama de Flujo de Procesos

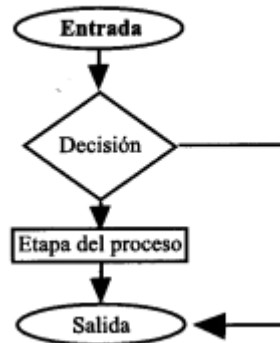


Figura 6. Diagrama de flujo de procesos

Fuente: Elaboración Propia (2021)

Diagrama de recorrido: Un diagrama de recorrido de actividades es “Una representación de la distribución de las zonas y edificios, en la que se indica la localización de todas las actividades registradas en el diagrama de procesos”. (Niegel, 1006, p.42).

- Representa en forma de matriz, datos cuantitativos sobre los movimientos que tienen lugar entre dos estaciones de trabajo cualesquiera.
- Las unidades son por lo general el peso o la cantidad transportada y la frecuencia de los viajes.
- Es una especie de forma tabular del diagrama de hilos. Se usa para el manejo de materiales y el trabajo de distribución.

**Simbología usada en el diagrama de recorrido.**

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.
D	ESPERA	Indica demora entre dos operaciones o abandono momentaneo.
▽	ALMACENAMIENTO	Indica depósito de un objeto bajo vigilancia en un almacén
◻	COMBINADA	Indica varias actividades simultáneas

Figura 7. Simbología usada en el diagrama de recorrido

Fuente: Elaboración Propia (2021)

### **Distribución en planta**

La distribución en planta implica la ordenación de espacios necesarios para movimiento de material, almacenamiento, equipos o líneas de producción, equipos industriales, administración, servicios para el personal, etc. Los objetivos de la distribución en planta son:

- ✓ Integración de todos los factores que afecten la distribución.
- ✓ Movimiento de material según distancias mínimas.
- ✓ Circulación del trabajo a través de la planta.
- ✓ Utilización “efectiva” de todo el espacio.
- ✓ Mínimo esfuerzo y seguridad en los trabajadores
- ✓ Flexibilidad en la ordenación para facilitar reajustes o ampliaciones. (López, 2017).

## **Entrevistas**

Las entrevistas, focus group, buzones de sugerencias y otras herramientas similares se utilizan para proporcionar datos sobre la representación de los requerimientos del cliente. Estos datos brutos se convierten en datos cualitativos y cuantitativos. (García, 2019)

## **Medir**

Según Humberto Gutiérrez Pulido y Ramón de la vara Salazar explican en su libro control estadístico de la calidad y Seis Sigma que el objetivo general de esta fase es entender y cuantificar mejor la magnitud del problema o situación que se aborda con el proyecto. Por ello el proceso se define a un nivel más detallado para entender el flujo del trabajo, los puntos de decisión y los detalles de su funcionamiento, asimismo, se establecen con mayor detalle las métricas (las Y) con las que se evaluara el éxito del proyecto. Además, con el sistema medición para garantizar que las Y pueden medirse en forma consistente. Además, con el sistema de medición validado se mide la situación actual para clarificar el punto de arranque del proyecto con respecto a las Y.

Las herramientas de mayor utilidad en esta etapa son: mapeo de procesos, métodos para realizar estudios de repetibilidad y reproductibilidad, inspecciones visuales recabar datos históricos y otras herramientas básicas como:

## Histogramas:

El histograma es una gráfica de barras que permite describir el comportamiento de un conjunto de datos en cuanto a su tendencia central, forma y dispersión.

En estadística, un histograma es una representación gráfica de una variable en forma de barras, donde la superficie de cada barra es proporcional a la frecuencia de los valores representados. En el eje vertical se representan las frecuencias, y en el eje horizontal los valores de las variables, normalmente señalando las marcas de clase, es decir, la mitad del intervalo en el que están agrupados los datos.

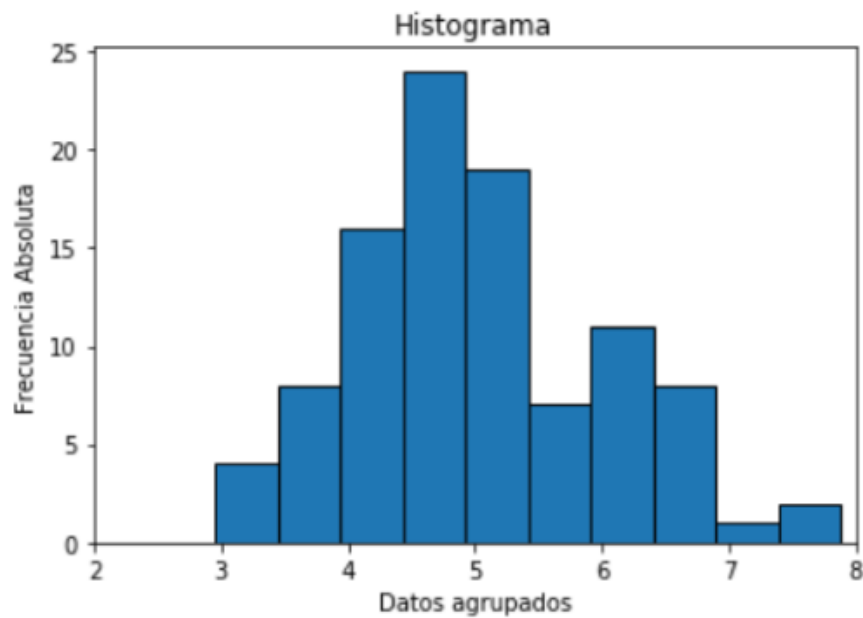


Figura 8. Histograma

Fuente: Elaboración Propia (2021)

El histograma permite que de un vistazo se pueda tener una idea objetiva sobre la calidad de un producto, el desempeño de un proceso o el impacto de una acción de mejora. Se utiliza cuando se estudia una variable continua, como franjas de edades o altura de la muestra, y, por comodidad, sus valores se agrupan en clases, es decir, valores continuos. En los casos en los que los datos son cualitativos (no-numéricos), como sexto grado de acuerdo o nivel de estudios, es preferible un diagrama de sectores.

La correcta utilización del histograma permite tomar decisiones no solo con base en la media, sino también con base en la dispersión y formas especiales de comportamiento de los datos. Su uso cotidiano facilita el entendimiento de la variabilidad y favorece la cultura de los datos y los hechos objetivos.

## **Tipos**

### **Diagramas de barras simples**

Representa la frecuencia simple (absoluta o relativa) mediante la altura de la barra la cual es proporcional a la frecuencia simple de la categoría que representa.

### **Diagramas de barras compuestas**

Se usa para representar la información a partir de dos variables, las cuales se representan así; la altura de la barra representa la frecuencia simple de las modalidades o categorías de la variable y esta altura es proporcional a la frecuencia simple de cada modalidad.

### **Diagramas de barras agrupadas**

Se usa para representar la información de una tabla de doble entrada o sea a partir de dos variables, el cual es representado mediante un conjunto de barras como se clasifican respecto a las diferentes modalidades.

### **Polígono de frecuencias**

Es un gráfico de líneas que se usa para presentar las frecuencias absolutas de los valores de una distribución en el cual la altura del punto asociado a un valor de las variables es proporcional a la frecuencia de dicho valor.

### **Ojiva porcentual**

Es un gráfico acumulativo, el cual es muy útil cuando se quiere representar el rango porcentual de cada valor en una distribución de frecuencias.

En los gráficos las barras se encuentran juntas y en la tabla los números poseen en el primer miembro un corchete y en el segundo un paréntesis. (Anónimo, 2019)

### **Analizar**

Como lo definen en el libro SEIS SIGMA Métodos estadísticos y sus aplicaciones, (Roberto José Herrera Acosta) el análisis es la etapa más importante de seis sigma ya que se deben aplicar todas las herramientas estadísticas que se ajusten a la información suministrada por el proceso. Una selección adecuada del método estadístico permitirá

sin lugar a dudas obtener mejores beneficios y con ello acceder a un análisis muy cercano a la realidad.

Entre estos métodos de análisis se encuentran los más sencillos como el diagrama de Pareto, diagrama de causa y efecto como paso previo al análisis inicial. También encontramos herramientas validas como: el diagrama de dispersión, el modelo lineal con su coeficiente de correlación y determinación.

Existen herramientas especializadas que necesariamente el responsable en la organización, de implementar el método seis sigmas deben conocer o en su defecto contratar personal experto, como es el caso de herramientas estadísticas como es el control estadístico de procesos como:

### **Diagramas de tendencias:**

Herramienta de análisis de datos continuos, efectúa el seguimiento de algún valor en el transcurso del tiempo, lo cual permite ver si existen desplazamientos o tendencias en los datos.

Cuando se utilizan este tipo de diagramas

1. Para establecer una línea base para mejorar.
  - ✓ Una Gráfica de Comportamiento permite comparar el desempeño histórico con el desempeño mejorado.
  - ✓ La Media del proceso es calculada y exhibida como una línea horizontal sólida en la Gráfica. En una Gráfica de Comportamiento, se esperaría que

los puntos de datos variaran aleatoriamente hacia abajo y arriba de la Línea Media.

2. Para ver qué está pasando en el proceso.

Al hacer seguimiento a las mediciones consecutivas de los resultados de varios procesos en una Gráfica de comportamiento, se obtiene una fotografía de cómo estos resultados varían en el tiempo.

3. Para enfocar los cambios importantes en un proceso.

Cuando se analiza un proceso, se quiere ignorar el comportamiento aceptable y normal del proceso y enfocar únicamente los cambios que alteran el proceso significativamente.

Una Gráfica de Comportamiento permite rastrear rápidamente los patrones anormales, tales como los comportamientos y las tendencias, lo cual es poco probable que sean causados por patrones aleatorios.

### **Diagrama de causa- efecto:**

En la mejora de un proceso o resolución de un problema, siempre existe algún objetivo por alcanzar o problema por resolver, el cual se denomina efecto. Para alcanzar ese efecto, será preciso definir las causas que provocan el problema o que evitan conseguir el objetivo, intentando reducirlas o eliminarlas y así obtener la mejora deseada. Por tanto, el empleado o equipo de trabajo que desee mejorar un proceso o eliminar un problema deberá estudiar, obligatoriamente, la relación causa-efecto.

El diagrama de causa-efecto, o también denominado diagrama de Ishikawa, es una técnica de resolución de problemas desarrollada por Ishikawa en 1943 como respuesta a la confusión de los obreros por el número de factores que afectaban a un proceso y que les dificultaba resolver diversos problemas. Es una herramienta muy útil para organizar los factores principales que influyen en la calidad de un proceso y ayuda a centrar dónde enfocar los esfuerzos para mejorarlo o solucionar un problema. El diagrama se representa en forma de espina de pescado (Deulofeu, 2012, p. 150).

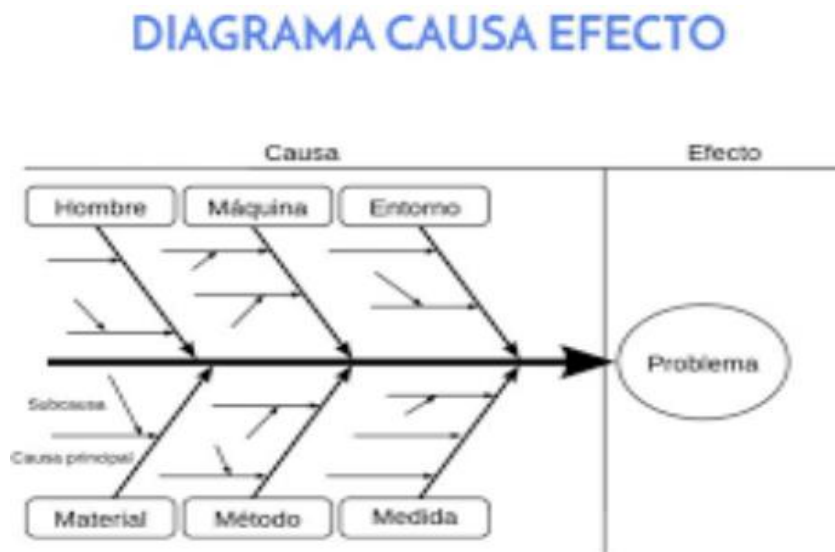


Figura 9. Diagrama Ishikawa.

Fuente: Elaboración Propia

La figura representa un ejemplo de un diagrama de Ishikawa que se elaborará en el proyecto, con el fin de solventar la información.

### **Diagrama de Gantt:**

El Diagrama de Gantt constituyó probablemente la primera técnica de control y planeación de proyectos que surgió durante los años cuarenta como respuesta a la necesidad de administrar proyectos y sistemas complejos de defensa de una mejor manera. El diagrama de Gantt muestra anticipadamente, de una manera simple, las fechas de terminación de las diferentes actividades del proyecto en forma de barras graficadas con respecto al tiempo en el eje horizontal.

Los tiempos reales de terminación se muestran mediante el sombreado de barras adecuadamente. Si se dibuja una línea vertical en una fecha determinada, se podrá determinar qué componentes del proyecto están retrasados o adelantados.

El diagrama de Gantt se puede utilizar también para organizar la secuencia de las actividades de las máquinas en la planta. El diagrama basado en la máquina puede incluir actividades de reparación y mantenimiento marcando el periodo en el que estas se llevan a cabo (Freivalds & Niebel, 2009, p. 150).



propuesta es efectiva, de no ser así, debe ser replanificada y si el resultado de la prueba es prometedor, se debe implementar la acción. Sin embargo, se puede encontrar varias soluciones, que no necesariamente todas necesitan ser probadas e implementadas, algunas solo serán identificadas y registradas para ser utilizadas un futuro. De forma resumida, este paso consiste en:

- Identificar y crear soluciones
- Concentrarse en las soluciones más fáciles y sencillas de implementar
- Probar las soluciones
- Crear un plan de acción
- Implementar e Implantar las mejoras

### **Herramientas:**

#### Costo Beneficio:

El análisis costo-beneficio es una herramienta financiera que mide la relación entre los costos y beneficios asociados a un proyecto de inversión con el fin de evaluar su rentabilidad, entendiéndose por proyecto de inversión no solo como la creación de un nuevo negocio, sino también, como inversiones que se pueden hacer en un negocio en marcha tales como el desarrollo de nuevo producto o la adquisición de nueva maquinaria.

Mientras que la relación costo-beneficio (B/C), también conocida como índice neto de rentabilidad, es un cociente que se obtiene al dividir el Valor Actual de los Ingresos

totales netos o beneficios netos (VAI) entre el Valor Actual de los Costos de inversión o costos totales (VAC) de un proyecto.

$$B/C = VAI / VAC$$

Según el análisis costo-beneficio, un proyecto o negocio será rentable cuando la relación costo-beneficio es mayor que la unidad.

Los pasos necesarios para hallar y analizar la relación costo-beneficio son los siguientes:

- ✓ Hallar costos y beneficios: en primer lugar, hallamos la proyección de los costos de inversión o costos totales y los ingresos totales netos o beneficios netos del proyecto o negocio para un periodo de tiempo determinado.
- ✓ Convertir costos y beneficios a un valor actual: debido a que los montos que hemos proyectado no toman en cuenta el valor del dinero en el tiempo (hoy en día tendrían otro valor), debemos actualizarlos a través de una tasa de descuento.
- ✓ Hallar relación costo-beneficio: dividimos el valor actual de los beneficios entre el valor actual de los costos del proyecto.
- ✓ Analizar relación costo-beneficio: si el valor resultante es mayor que 1 el proyecto es rentable, pero si es igual o menor que 1 el proyecto no es viable pues significa que los beneficios serán iguales o menores que los costos de inversión o costos totales.
- ✓ Comparar con otros proyectos: si tendrían que elegir entre varios proyectos de inversión, teniendo en cuenta el análisis costo-beneficio, elegiríamos aquél que tenga la mayor relación costo-beneficio.

## **Cuadros Comparativos:**

El cuadro comparativo es un organizador de información, que permite identificar las semejanzas y diferencias de dos o más objetos o eventos.

Las siguientes son las características

- ✓ Está formado por un número determinado de columnas en las que se lee la información en forma vertical.
- ✓ Permite identificar los elementos que se desea comparar. Por ejemplo, semejanzas y diferencias de algo.
- ✓ Permite escribir las características de cada objeto o evento.

¿Cómo se elabora un cuadro comparativo?

- ✓ Identificar los elementos que se desea comparar.
- ✓ Señalar los parámetros a comparar.
- ✓ Identificar las características de cada objeto o evento.
- ✓ Construir afirmaciones donde se mencionen las afirmaciones más relevantes de los elementos comparados.

## **Valor neto actual (VAN) y la Tasa de retorno interna (TIR)**

El valor actual neto (VAN), también conocido como valor presente neto (VPN), mide el resultado de descontar la inversión de un proyecto al valor actual o presente del flujo de caja neto que tendrá. Si el resultado es positivo es porque existe una ganancia y, por tanto, el proyecto es rentable.

## **Valor actual neto (VAN) y la tasa interna de retorno (TIR)**

La tasa interna de retorno (TIR) es una medición del presupuesto del capital que usan las compañías para determinar la rentabilidad de una inversión potencial o de un proyecto basado en predicciones de flujo de caja. La fórmula de la TIR es compleja y se basa en un cierto número de procesos de ensayo y error para obtener la correcta.

### Controlar

Control. La etapa de control se enfoca hacia como conservar las mejoras, que incluye tener las herramientas en su lugar para garantizar que las variables clave continúen dentro de los rangos máximos aceptables en el proceso modificado. Estas mejoras pueden incluir el establecimiento de nuevas normas y procedimientos, la capacitación del personal y la institución de controles para tener la seguridad de que las mejoras no desaparecerán con el tiempo. Los controles pueden ser tan sencillos como el uso de listados de verificación o revisiones periódicas de las condiciones para asegurarse de que se siguen los procedimientos apropiados y emplear los diagramas de control de los procesos estadísticos para supervisar el desempeño de los indicadores clave. (anónimo, sf)

## **Herramientas:**

### Checklist:

Las “listas de control”, “listas de chequeo”, “check-lists” u “hojas de verificación”, son formatos creados para realizar actividades repetitivas, controlar el cumplimiento de una lista de requisitos o recolectar datos ordenadamente y de forma sistemática. Se usan para hacer comprobaciones sistemáticas de actividades o productos asegurándose de que el trabajador o inspector no se olvida de nada importante.

Los usos principales de los checklist son los siguientes:

- ✓ Realización de actividades en las que es importante que no se olvide ningún paso y/o deben hacerse las tareas con un orden establecido.
- ✓ Realización de inspecciones donde se debe dejar constancia de cuáles han sido los puntos inspeccionados.
- ✓ Verificar o examinar artículos.
- ✓ Examinar o analizar la localización de defectos. Verificar las causas de los defectos.
- ✓ Verificación y análisis de operaciones.
- ✓ Recopilar datos para su futuro análisis.

La ventaja de los checklist es que, además de sistematizar las actividades a realizar, una vez rellenos sirven como registro, que podrá ser revisado posteriormente para tener constancia de las actividades que se realizaron en un momento dado.

### Cumplimiento de indicadores:

Establecer indicadores de gestión es una buena forma de asegurarse llevar un control de las acciones y un buen análisis para ver si se están cumpliendo los objetivos propuestos. Además de esto, estos indicadores pueden ayudar a las organizaciones a mejorar diferentes aspectos:

- ✓ Lo más fundamental es la ayuda que estos indicadores presentan a la hora de realizar una buena toma de decisiones.
- ✓ Como ya se ha comentado, para conocer la eficiencia de las acciones y, en sí, de la empresa.
- ✓ Para conocer puntos débiles de la organización sobre los que actuar para mejorarlos.
- ✓ Para identificar puntos fuertes y potenciarlos con el fin de hacerlos una ventaja competitiva de la organización.
  - ✓ Para conocer a tiempo real lo que sucede en la empresa y tomar medidas antes de que sea más difícil actuar sobre un problema. (Camejo, s.f)

### **Controles Visuales:**

El control visual es una metodología que puede ser aplicada de numerosas maneras. Es cualquier dispositivo o sistema que permita representar, en un único lugar, información de utilidad sobre nuestro proceso. Con tan solo una mirada podemos saber cómo está funcionando nuestro proceso y si se está desviando con respecto a un patrón preestablecido. También nos muestra información sobre el estado del flujo de trabajo, el estado de los inventarios o el desempeño de un trabajador o un equipo de trabajo. Por esto, es una poderosa herramienta para agregar valor a nuestros procesos productivos. Teniendo una imagen clara y sintética del estado

actual del proceso podemos detectar con mayor facilidad los problemas, y atacarlos a tiempo.

Una herramienta de control visual debe permitir que cualquier persona que observe la información volcada en ella sea capaz de interpretarla. Esto permite, por ejemplo, a un gerente recorrer la planta y saber cómo están funcionando los procesos, los trabajadores y las máquinas involucradas «de un solo vistazo».

### **2.2.3 Ciclo de Deming**

El ciclo de Deming es un sistema que se utiliza en las empresas para lograr un proceso de mejora continua y es utilizado por las empresas que desea incrementar sus estándares de calidad y funcionar de manera más eficaz. Al usarse de forma correcta puede ayudar a que las empresas mejoren sus niveles de rendimiento y productividad. Porque todo el trabajo y esfuerzo se orienta al logro de los objetivos propuestos.

Así mismo, es un método altamente efectivo aplicado en sistemas de gestión de la calidad y la mejora continua. Ayuda en la búsqueda de soluciones a ciertos problemas específicos y para alcanzar la optimización de los procesos implementados en las organizaciones.

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

### **2.3.1 Beneficios del uso de la mejora continua.**

Las prácticas del proceso de mejora continua, sin importa cuál de ellas sea la que se aplique dentro de la organización, ofrece múltiples beneficios:

- ✓ Con el constante del testeo de los procesos, se genera una cultura organizacional de excelencia en la organización que basa en el aprovechamiento y buen uso del tiempo y los recursos.
- ✓ Al eliminar las actividades que no aportan valor se desarrollando sistemas limpios y rápidos.
- ✓ Se automatizan y articulan procesos que antes funcionaban por separado.

La mejora continua evita el estancamiento operacional de las organizaciones, que mantienen por mucho tiempo sistemas de producción lentos y con un bajo nivel de control y fuentes de información. La implementación de la mejora continua no sólo hace que estos sistemas sean más rápidos, sino que también, sean de mejor calidad.

### **2.3.2. Necesidad de la mejora de procesos**

Actualmente muchas empresas se desarrollan a nivel global obligar a implementar nuevas formas de organización de la propia empresa y de producción. Aquí es donde cada vez son más las compañías que establecen un modelo de gestión, por los que se hace necesario la búsqueda de la calidad perfecta a la primera, algo que se consigue

con la detección y solución de los problemas en su origen. Por otro lado, es importante tener en cuenta que con este modelo de gestión se minimiza el desperdicio, ya que se eliminan todas las actividades que no proporcionan un valor añadido y/o la optimización del uso de los recursos. También se debe destacar el principio de mejora continua, que se consigue con la reducción de costes, la mejora de la calidad y el aumento de la productividad.

De ahí se hace necesario la mejora de procesos el cual contribuye a que la organización sea más competitiva, innovadora y eficiente, consiguiéndose los siguientes beneficios:

- ✓ reducción en costos de producción,
- ✓ reducción de inventarios,
- ✓ reducción del tiempo de entrega,
- ✓ mejoramiento de la calidad,
- ✓ menos mano de obra,
- ✓ mayor eficiencia de equipo,
- ✓ disminución de los desperdicios,
- ✓ eliminación de la sobreproducción,
- ✓ disminución del tiempo de espera,
- ✓ organización del transporte y la logística y ordenación de los procesos.

### **2.3.3 ANALISIS DEL COSTO BENEFICIO DEL PROYECTO**

Conocer relación costo-beneficio de un proyecto de inversión nos permite conocer su rentabilidad y así, por ejemplo, saber si el proyecto es viable y qué tan atractivo es en comparación con otros proyectos.

Lo que mide principalmente el análisis costo-beneficio es la relación costo-beneficio (B/C), también conocida como índice neto de rentabilidad, la cual es un cociente que se obtiene al dividir el Valor Actual de los Ingresos totales netos o beneficios netos (VAI) entre el Valor Actual de los Costos de inversión o costos totales (VAC) de un proyecto.

La fórmula de la relación costo-beneficio es:

$$B/C = VAI / VAC$$

En donde:

B/C: relación costo-beneficio.

VAI: valor actual de los ingresos totales netos o beneficios netos.

VAC: valor actual de los costos de inversión o costos totales.

Según el análisis costo-beneficio un proyecto de inversión será rentable cuando la relación costo-beneficio sea mayor que la unidad (ya que los beneficios serán mayores que los costos de inversión), y no será rentable cuando la relación costo-beneficio sea igual o menor que la unidad (ya que los beneficios serán iguales o menores que los costos de inversión):

- un B/C mayor que 1 significa que el proyecto es rentable.
- un B/C igual o menor que 1 significa que el proyecto no es rentable.

Cómo calcular y analizar la relación costo-beneficio.

1. Identificar costos y beneficios: en primer lugar, debemos hacer la proyección de los costos de inversión o costos totales y de los ingresos totales netos o beneficios netos del proyecto para un periodo de tiempo determinado.
2. Convertir costos y beneficios a un valor actual: debido a que los montos que hemos proyectado no toman en cuenta el valor del dinero en el tiempo (hoy en día tendrían otro valor), debemos actualizarlos a través de una tasa de descuento.
3. Calcular relación costo-beneficio: a continuación, dividimos el valor actual de los beneficios entre el valor actual de los costos del proyecto.
4. Analizar relación costo-beneficio: si el valor resultante es mayor que 1 el proyecto es rentable, pero si es igual o menor que 1 el proyecto no es rentable y, por tanto, no es viable ya que significa que los beneficios serán iguales o menores que los costos de inversión o costos totales.
5. Comparar con otros proyectos: si tendríamos que elegir entre varios proyectos de inversión, teniendo en cuenta el análisis costo-beneficio, elegiríamos aquél que tenga la mayor relación costo-beneficio.

#### **2.3.4 ANALISIS DEL VAN Y TIR**

El valor actual neto (VAN) y la tasa interna de retorno (TIR) son dos herramientas financieras utilizadas para evaluar un proyecto de inversión, generalmente de mediano o largo plazo, tal como la creación de un nuevo negocio, el desarrollo de un nuevo producto, o la adquisición de una nueva maquinaria.

Mientras que el valor actual neto (VAN) mide el resultado de descontar la inversión de un proyecto al valor actual del flujo de caja neto que tendrá, la tasa interna de retorno (TIR) mide la tasa de descuento con la que el valor actual neto es igual a la inversión.

El VAN nos permite saber si un proyecto de inversión es rentable, pero, además, en caso de tener varios proyectos de inversión, nos permite saber cuál es el más rentable y, por tanto, el más atractivo.

La fórmula del VAN es:  $VAN = BNA - Inversión$

En donde:

- ✓ VAN: valor actual neto (resultado de restar la inversión del proyecto al beneficio neto actualizado).
- ✓ BNA: beneficio neto actualizado (valor actual del flujo de caja o beneficio neto proyectado, el cual ha sido actualizado a través de una tasa de descuento).
- ✓ Inversión: inversión total del proyecto.

La tasa de descuento (TD) con la que se descuenta el flujo de caja neto proyectado, es la tasa de oportunidad, rendimiento o rentabilidad mínima que se espera ganar con la inversión.

Por lo tanto, cuando la inversión resulta mayor que el BNA (VAN negativo o menor que 0) es porque no se ha satisfecho dicha tasa, cuando el BNA es igual a la inversión (VAN igual a 0) es porque se ha cumplido con dicha tasa, y cuando el BNA es mayor

que la inversión es porque se ha cumplido con dicha tasa y además, se ha generado una ganancia adicional.

- ✓  $VAN > 0$ : el proyecto es rentable.
- ✓  $VAN = 0$ : el proyecto también es rentable ya que está incorporado la ganancia de la TD.
- ✓  $VAN < 0$ : el proyecto no es rentable.

Entonces para hallar el VAN se necesita:

- ✓ Tamaño de la inversión.
- ✓ Flujo de caja neto proyectado.
- ✓ Tasa de descuento

La tasa interna de retorno (TIR) es la tasa de descuento (TD) de un proyecto de inversión que permite que el BNA sea igual a la inversión (VAN igual a 0).

La TIR es la máxima TD que puede tener un proyecto para que sea rentable ya que una mayor tasa ocasionaría que el BNA sea menor que la inversión (VAN menor que 0).

Entonces para hallar la TIR utilizaremos:

- ✓ Tamaño de la inversión.
- ✓ Flujo de caja neto proyectado.

Ejemplo:

	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Flujo de caja neto	2000	3000	4000	5000	6000

Para hallar la TIR hacemos uso de la fórmula del VAN, solo que en vez de hallar el VAN (el cual reemplazamos por 0), hallamos la tasa de descuento

$$\text{VAN} = \text{BNA} - \text{Inversión}$$

$$0 = 2000 / (1 + i)^1 + 3000 / (1 + i)^2 + 4000 / (1 + i)^3 + 5000 / (1 + i)^4 + 6000 / (1 + i)^5 - 12000$$

$$i = 16\%$$

$$\text{TIR} = 16\%$$

Una tasa mayor que la TIR significaría que el proyecto no sería rentable ya que el BNA sería menor que la inversión (mientras mayor sea la tasa menor sería el BNA con respecto a la inversión), y una tasa menor que la TIR (como en el caso del ejemplo del VAN en donde la tasa es de 14%) significaría que el proyecto sería aún más rentable (mientras menor sea la tasa mayor sería el BNA con respecto a la inversión y, por tanto, mayor sería la rentabilidad del proyecto).

## **2.4 ANTECEDENTES DE PROYECTOS O EXPERIENCIAS SEMEJANTES**

En una revisión teórica sobre temas relacionados con la propuesta de mejora de inversión de equipos de nueva tecnología para la reducción de costos por mantenimiento y consumo eléctrico, se encuentran algunas investigaciones anteriores.

Una de ellas es la de Douglas Balmore, Ismael González, Nery Ruíz y Oliver Tinetti, la cual es una tesis para optar por el título de ingeniero mecánico, la cual se titula “Propuesta de diseño de un sistema de refrigeración por absorción para mejorar la eficiencia de operación de planta en una central geotérmica”, esta investigación trata de presentar una propuesta que permita mejorar las técnicas de abastecimiento de energía utilizadas en El Salvador. Dicha propuesta concluye que gracias a que el bromuro de litio presenta un punto de ebullición bastante mayor que el del agua para las mismas condiciones de presión, la mezcla puede ser separada fácilmente en el generador reduciendo así la complejidad de la instalación y operación del sistema de refrigeración por absorción pues no son necesarios los elementos analizador y rectificador. Además, a la hora de diseñar intercambiadores de calor con/sin cambio de fase, es necesario realizar una distribución de tubos al mismo tiempo que se realizan los cálculos; esto debido a que la cantidad de tubos que caben en una determinada carcasa según la bibliografía varía en la realidad.

Por otra parte se encuentra el trabajo realizado por Randall Camaronero, Juan Carlos Losilla y Mario Moroto titulada Optimización del sistema de enfriamiento de producción de agua helada del proceso de fraccionamiento de aceite de palma de la compañía Numar, en esta investigación surgió por la necesidad del grupo Agroindustrial Numar de una mejora en los sistemas de enfriamiento de agua helada en las plantas de fraccionamiento de aceite, las cuales contaban con equipos individuales, que tienen mucho tiempo de funcionamiento que utilizan el refrigerante R-22, el cual no es apto para el cuidado del medio ambiente y debe ser remplazado por uno más amigable con la naturaleza. En esta se concluyó que, a partir de las eficiencias de los equipos actuales con otros iguales del mercado, es posible darse cuenta que las alternativas modernas tienen un menor costo operativo, considerando la disminución de costos de mantenimiento y disminución del tiempo de que los empleados para operarlo.

La última de las investigaciones encontrada de la que se hablará es la diseñada por Johnathan Flores, llamada Método de predicción del desempeño de un enfriador de líquido (chiller) en función de un perfil de demanda, es una investigación descriptiva, en el cual se desarrolla un método predictivo del desempeño de un enfriador de líquido por compresión a vapor y refrigerado por aire. Un procedimiento general de selección de equipos de refrigeración utilizado por un fabricante ha sido adaptado en una rutina computacional para obtener una evaluación energética de la operación del enfriador de líquido en función de un perfil de carga térmica de enfriamiento y de la temperatura de

bulbo seco exterior durante un día de operación. El modelaje del sistema busca un análisis de energía que pueda ser una información importante en el proceso de toma de decisiones. Esta investigación llega a la conclusión que los resultados de la simulación termodinámica proporcionaron información importante sobre el coeficiente de desempeño y la secuencia de operación de cada circuito y del sistema global. Se demostró que el mayor COP se obtiene a menor temperatura de bulbo seco y menor carga del enfriador de líquido, además el procedimiento de simulación desarrollado a través de la metodología de selección Mix-Match ofrece una evaluación simple del enfriador de líquido identificando el punto de equilibrio energético de los circuitos, como consecuencia la determinación del número de compresores accionados para atender cada carga térmica de enfriamiento.

## **CAPITULO III**

### **MARCO METODOLÓGICO**

### **3.1 METODOLOGÍA PARA LA DEFINICIÓN DEL PROBLEMA**

En este capítulo, se presenta la metodología que permitió desarrollar la presente investigación. En él se encontrara aspectos como el tipo de investigación, las técnicas y procedimientos que fueron utilizados para llevar a cabo dicha investigación.

Este proyecto está estructurado en varios pasos con los que se intentó determinar cuáles son las causas del problema que se presenta por altos costos de consumos de energía y mantenimiento de los equipos enfriadores (Chillers) del proceso de enfriamiento de aguas industriales de la planta BIA Alambres Costa Rica S.A.

Para realizar la investigación primero se utilizaron herramientas de la metodología DMAIC para conocer y analizar el proceso, como por ejemplo el diagrama de flujo de proceso y diagrama de recorrido, dichas herramientas proporcionan una visión más amplia del proceso en estudio.

Es de suma importancia el acercamiento con el personal de mantenimiento ya que al fin y al cabo son ellos los que están directamente relacionados con el proceso y conocen todos los problemas que ahí se presentan, el lograr reunirse con ellos y el aplicar herramientas como la lluvia de ideas, es la base para determinar cuáles son las posibles causas que pueden estar provocando los altos costos por consumos de energía y mantenimiento de los equipos del proceso de enfriamiento. Además, si le sumamos algún método de observación para poder recolectar otro tipo de información que el

personal por algún motivo no pueda o quiera suministrar, se lograría definir las principales causas del problema en estudio.

La metodología mencionada anteriormente es muy utilizada para el proceso inicial de definir posibles causas y los efectos que estas producen, también son grandes instrumentos para generar y producir conocimientos que pueden ser la clave para resolver los problemas planteados. “La investigación es muy útil para distintos fines: crear nuevos sistemas y productos; resolver problemas económicos y sociales; ubicar mercados, diseñar soluciones y hasta evaluar si hemos hecho algo correctamente o no”. (Sampieri, 2010, p. 27). Cuando la investigación se realiza de la mejor manera y con el equipo idóneo se da un sello de garantía de los resultados finales.

### **3.2 METODOLOGÍA PARA LA MEDICIÓN Y RESPALDO CUALITATIVO DEL PROYECTO**

La metodología desarrollada en el presente proyecto para la propuesta de mejora del proceso es DMAIC.

Cuando se han logrado encontrar las posibles causas al problema, se puede usar dicha información para construir un diagrama causa y efecto el cual viene a organizar y clasificar dichas causas, dando más claridad sobre la relación que presenta entre ellas y los efectos que pueden generar, que para este estudio el efecto será el alto consumo de energía y costos de mantenimiento de los equipos.

Se realizó un muestreo representativo para determinar los consumos de energía de los equipos, para hacer dicho muestreo se debe conocer los días en que se va a produciendo en la planta BIA Alambres.

Con la información obtenida en el muestreo se puede construir un diagrama de Pareto, el cual ayuda a encontrar las principales posibles causas que están generando el problema del alto consumo de energía y mantenimiento de los equipos.

Se seleccionan herramientas como diagrama de Pareto, diagrama Causa-Efecto (diagrama de Ishikawa).

Como metodología de mejora continua, se emplea el Círculo de Deming, con el que se desarrolla una mejora del proceso de enfriamiento mediante la modernización del equipo para el ahorro económico y consumo eléctrico.

Las metodologías mencionadas anteriormente se seleccionaron teniendo en cuenta la finalidad de cada una y presentando el mejor desarrollo para la investigación.

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

Para la propuesta de mejora y reducción de costos del proceso de enfriamiento se utilizó la metodología DMAIC la cual propone una serie de herramientas de análisis

estadístico cuantitativo con pasos de aplicación en empresas de manufactura como es el caso de BIA Alambres Costa Rica S.A. con esta metodología se precisa de manera puntual la problemática en el proceso de enfriamiento. Se utiliza el ciclo de Deming para el planteamiento de desarrollo de la propuesta de mejora del proceso.

La propuesta del trabajo y elaboración de este es supervisada por el Departamento de Mantenimiento de la empresa. Este departamento brinda la información necesaria sobre las actividades de los procesos y objetivos principales, así como problemas y necesidades.

La aplicación de la metodología DMAIC demuestra la necesidad de mejorar el proceso, por medio de un análisis estadístico de datos e información de las partes involucradas, estableciendo en conjunto con externos, la mejora del proceso de enfriamiento.

Mediante la herramienta Ishikawa se podrá identificar posibles causas y efectos en el proceso de enfriamiento.

Una vez identificadas las causas se realiza una lluvia de ideas para encontrar las posibles soluciones o acciones para implementan en la mejora. Se crean gráficos de medición, de barras, de tendencias y tablas para mostrar los avances del proyecto.

Por medio de un diagrama de Gantt donde deben de estar todas las actividades que conforman el proyecto y las fechas en el cuales dichas actividades deben ser realizadas, hasta lograr cumplir con los objetivos propuestos.

Importante recalcar que el cumplimiento de cada actividad depende del interés que tenga la empresa en solucionar la problemática planteada en este proyecto.

### **3.4 METODOLOGIA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO**

Para implementar este proyecto la metodología a usar es por medio de un diagrama de Gantt, donde debe estar todas las actividades que conforman el proyecto y las fechas en el cuales dichas actividades que se deben realizar, hasta lograr cumplir con los objetivos propuestos, se le presentan las actividades a la gerencia, encargado de mantenimiento y partes involucradas.

Muy importante recalcar que el cumplimiento de cada actividad depende del interés que tenga la empresa en solucionar la problemática planteada en este proyecto.

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

En esta fase del proyecto, se verifica si los cambios al proceso están alcanzando los resultados esperados y si los mismos perduran en el transcurso del tiempo. Para lograr esto se le debe dar es un muy buen seguimiento, esto se puede realizar por medio de

herramientas estadísticas y personal calificado que se encarguen de realizar los procedimientos o análisis respectivos.

Las gráficas de control y controles visuales son dos muy buenos ejemplos de herramientas de respaldo metodológico las cuales pueden ser utilizadas por personal calificado del departamento de mantenimiento de la Planta BIA Alambres S.A., para dar el seguimiento necesario y así demostrar que los resultados obtenidos están dando los frutos esperados, generando un beneficio económico a la empresa.

Las gráficas de control van a indicar el comportamiento del proceso, dicha herramientas da resultados muy visuales y fáciles de interpretar, además si el proceso está fuera de control da la alarma para realizar los ajustes correspondientes y solucionar el problema de una manera rápida y eficaz.

En el caso de las métricas visuales, el uso de una pizarra, colocada en un lugar estratégico en la línea de producción, proporciona datos actualizados sobre el comportamiento del proceso, cumplimiento de indicadores, demoras, desperdicios, etc.



Figura 11. Métricas de proceso y de proyecto

Fuente: <https://prezi.com/tpnv2zha9d97/metricas-de-proceso-y-de-proyecto/>

Después de implementar las propuestas de mejora, la compañía es la responsable de asignar las personas encargadas para que realicen las tareas específicas que garanticen que proceso se mantenga bajo control en el transcurso del tiempo.

## **CAPÍTULO IV**

### **LÍNEA BASE Y ANÁLISIS DE CAUSAS**

## **4.1 DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL**

En este capítulo se va a realizar una revisión profunda de la situación actual del proceso de enfriamiento de la empresa BIA Alambres Costa Rica S.A. El uso de herramientas para observar, medir y analizar el proceso es de suma importancia para proporcionar posibles soluciones al problema de alto consumo de energía y costo por mantenimiento de los equipos que se está presentando y con esto lograr el cumplimiento de los objetivos de este proyecto.

En la empresa BIA Alambres existen varios procesos que generan calor como resultado de la manufactura de la materia prima. Entre ellos se encuentran grafilado, trefilado, electro soldado y recocido.

El aumento de la temperatura genera consecuencias que perjudican la producción por ejemplo el deterioro de las piezas por desgaste, disminución de la calidad del producto final, además torna difícil la manipulación del alambre.

Debido a lo anterior se utiliza el proceso de enfriamiento del agua para contrarrestar la carga térmica y así enfriar los diferentes procesos de manufactura. Actualmente las condiciones del proceso de enfriamiento no son óptimas ya que los equipos de enfriamiento tienen 21 años de servicio, por lo que se busca realizar una propuesta de mejora del proceso.

El circuito se muestra en la siguiente imagen.

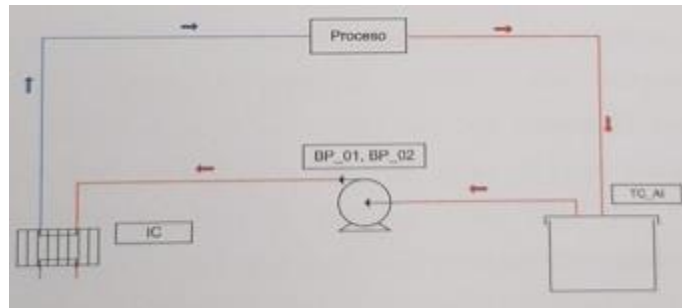


Figura 12. Circuito

Fuente: Elaboración Propia (2021)

El agua que se dirige al proceso tiene baja temperatura y es representada en color azul. Después de realizar el intercambio de calor en el proceso la línea de flujo se representa de color rojo en el esquema anterior.

#### 4.1.1 Descripción General del Sistema de Enfriamiento

El sistema de bombeo principal es el encargado de llevar el agua para el enfriamiento de los equipos de la planta, previamente haciéndola pasar por intercambiadores de calor con el fin de disminuir la temperatura con la que se encuentra el agua del tanque de captación principal, impulsada por bombas.

Este circuito sigue la siguiente secuencia las bombas que están ubicadas en el parqueo de la planta, envían el agua que se encuentran en el tanque de captación de agua industrial, por medio de la tubería de suministro de agua, a los intercambiadores de

calor ubicados en casa maquinas. En el intercambiador de calor se lleva a cabo la transferencia de energía entre el agua que va a los diferentes procesos, la cual viene a temperatura ambiente del tanque de captación.

Una vez que se realiza el intercambio de calor el agua helada se dirige a los procesos por las tuberías encargadas de alimentar dichas áreas. Después de que el agua enfría las maquinas del proceso, retorna al tanque de captación de agua industrial.

Los chillers encargados de disipar la carga térmica generada (CH\_01, CH\_02, CH\_03, CH\_04) se encuentran instalados en un circuito separado, en paralelo entre ellos. La configuración existente permite un intercambio de calor sin que el agua del proceso se mezcle con el agua que enfrían los chillers. Este circuito cuenta con dos bombas por cada chillers, en cargadas de hacer circular el agua de estos equipos al intercambiador, mediante la tubería de suministro y utilizando la tubería de retorno del intercambiador a un sistema de separación de aire y seguidamente es enviada a los chillers para ser enfriada de nuevo. Así el agua de enfriamiento se encuentra circulando cuando las bombas están en funcionamiento. Aunque el chiller respectivo se encuentre apagado. El calor adquirido al pasar por el intercambiador es removido en el sistema de enfriamiento por refrigerante R-22 y enviado al ambiente mediante un condensador con abanicos.

La capacidad de estos equipos de acuerdo a registros del departamento de mantenimiento es la siguiente:

Equipo	Capacidad (TN/Ref.)
1	60TN
2	90TN
3	90TN
4	20TN

Tabla 1. Capacidad de los enfriadores

Fuente: Elaboración Propia (2021)

#### 4.1.2 Controles del proceso de enfriamiento

- El proceso de enfriamiento cuenta con los siguientes controles:
- Rutina de mantenimiento mensual: este consta de acciones básicas que los técnicos realizan para que el proceso se desempeñe bien.
- Rutina de inspección diaria: el objetivo de la inspección diaria es tener hasta donde sea posible una vigilancia continua, los resultados de las inspecciones se registran en una bitácora.

- Rutina de limpieza de los intercambiadores: el objetivo de esta actividad es mantener los intercambiadores libres de cualquier elemento de suciedad que pueda afectar el desempeño de los mismos.

#### **4.1.3 Personal Involucrado en el Proceso**

El personal involucrado es el departamento de mantenimiento el cual cuenta con el señor Jorge Agüero Baltodano como encargado del departamento quien a su vez dispone de un equipo conformado por electromecánicos los cuales en encargan de controlar el proceso mediante los controles establecidos para garantizar el funcionamiento de los equipos y evitar paros no deseados en la producción.

#### 4.1.4 Diagrama de Flujo del Proceso de Enfriamiento

Mediante el uso de un diagrama de flujo proceso se puede mostrar cada etapa que compone el proceso en estudio.

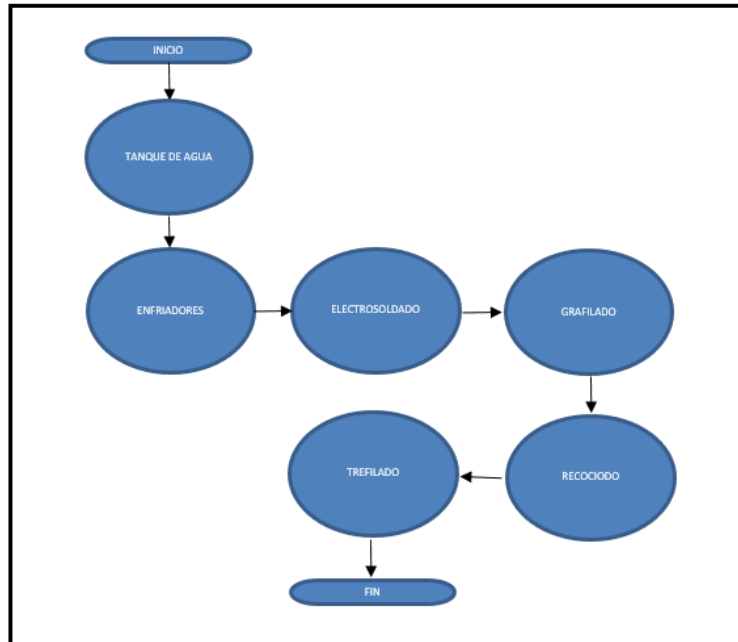


Figura13. Diagrama de Flujo del proceso de enfriamiento

Fuente: elaboración propia (2021)

#### 4.1.5 Diagrama de Recorrido del Proceso de Enfriamiento

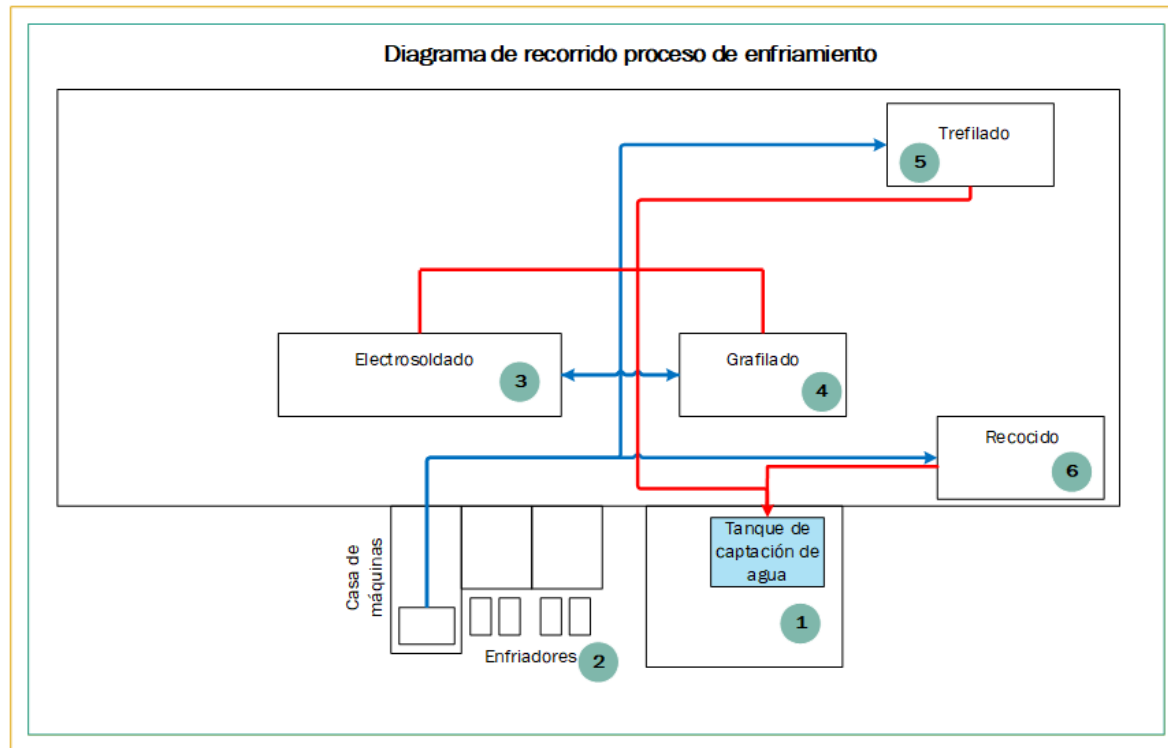


Figura 14. Diagrama de recorrido

Fuente: Elaboración Propia (2021)

El agua que se dirige al proceso es representada de color azul. Después de realizar el intercambio de color en el proceso la línea de flujo se representa de color rojo.

## 4.2 RECOLECCIÓN DE DATOS

Para la obtención de datos, se utilizaron una serie de técnicas y herramientas de implementación, con las cuales se pretende dar sustento con información cualitativa y numérica a la situación actual del problema y sus causas.

### 4.2.1 Consumo histórico de energía de los enfriadores.

En el gráfico continuación se muestra los consumos reales de los equipos del sistema de enfriamiento de la planta BIA Alambres:

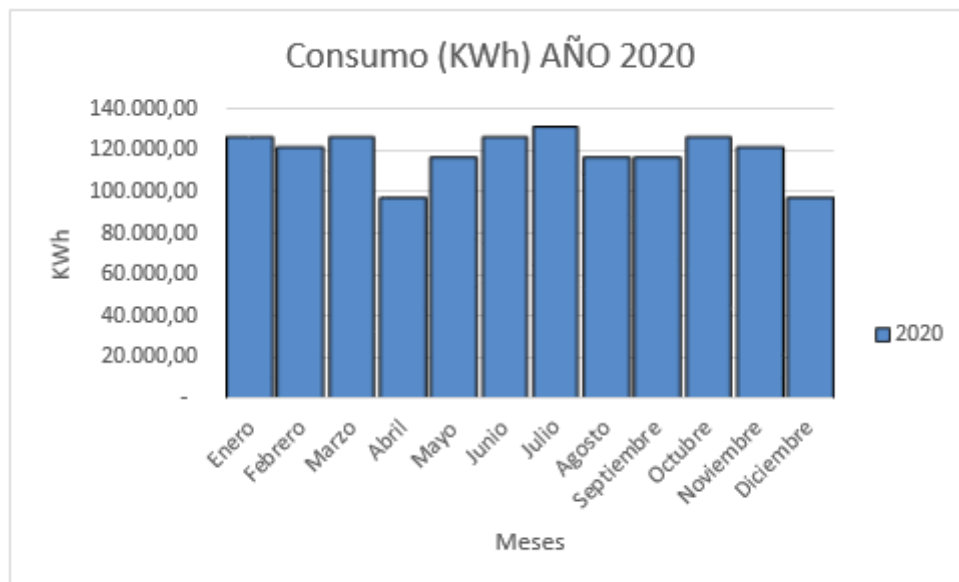


Figura 15. Gráfico de consumo KW/h

Elaboración Propia (2021)

### 4.2.3 costo del consumo de energía mensual

De acuerdo al siguiente grafico se muestran los costos por consumo de energía del proceso de enfriamiento:

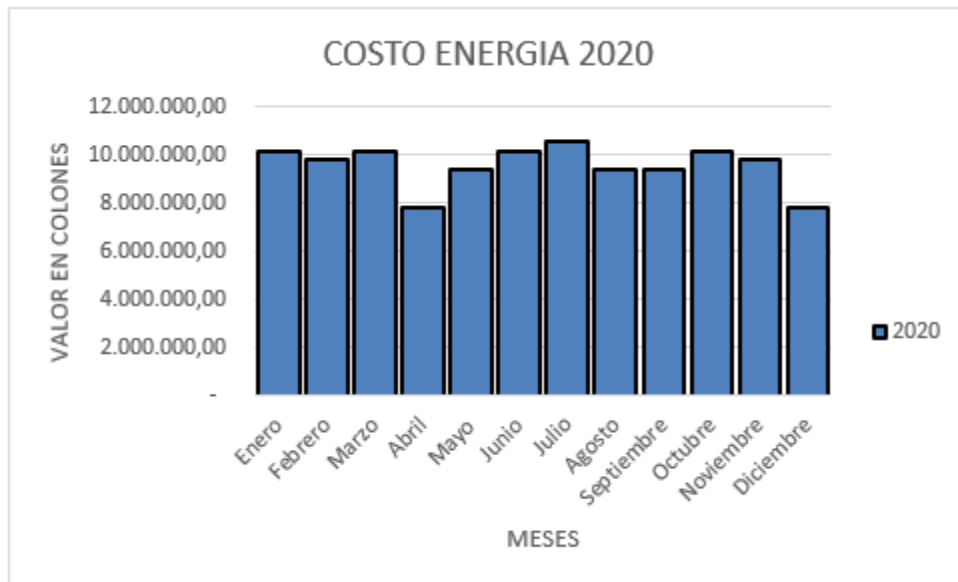


Figura 16. Gráfico de costos de energía

Fuente: Elaboración Propia (2021)

#### 4.2.4 Costos de mantenimiento en dólares

La meta del costo por mantenimiento de los enfriadores de la planta BIA Alambres según el departamento de mantenimiento es de 500 dólares mensuales. De acuerdo el gráfico que se muestra a continuación se puede evidenciar que estos costos están por encima de la meta.

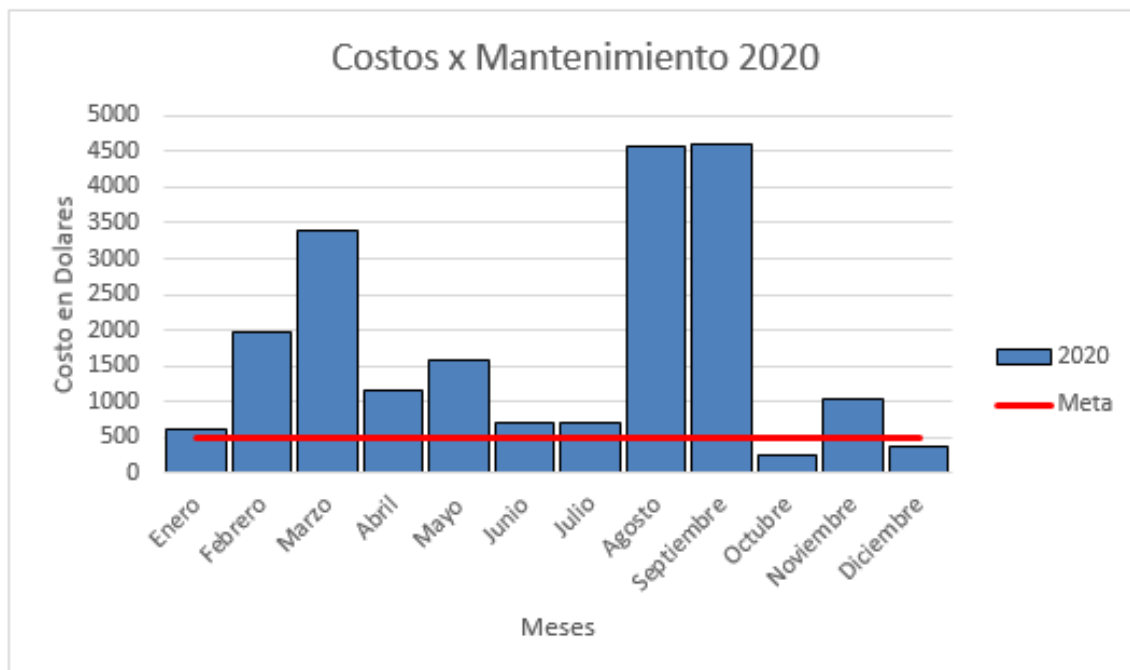


Figura 17. Gráfico de costos por mantenimiento

Fuente: Elaboración Propia (2021)

#### 4.2.5 HORAS HOMBRE POR MANTENIMIENTO DE LOS ENFRIADORES

En el siguiente grafico se muestra la cantidad de horas hombre mensual por mantenimiento de los enfriadores, misma que está por encima de lo presupuestado por mantenimiento de 12 horas/hombres mensuales.

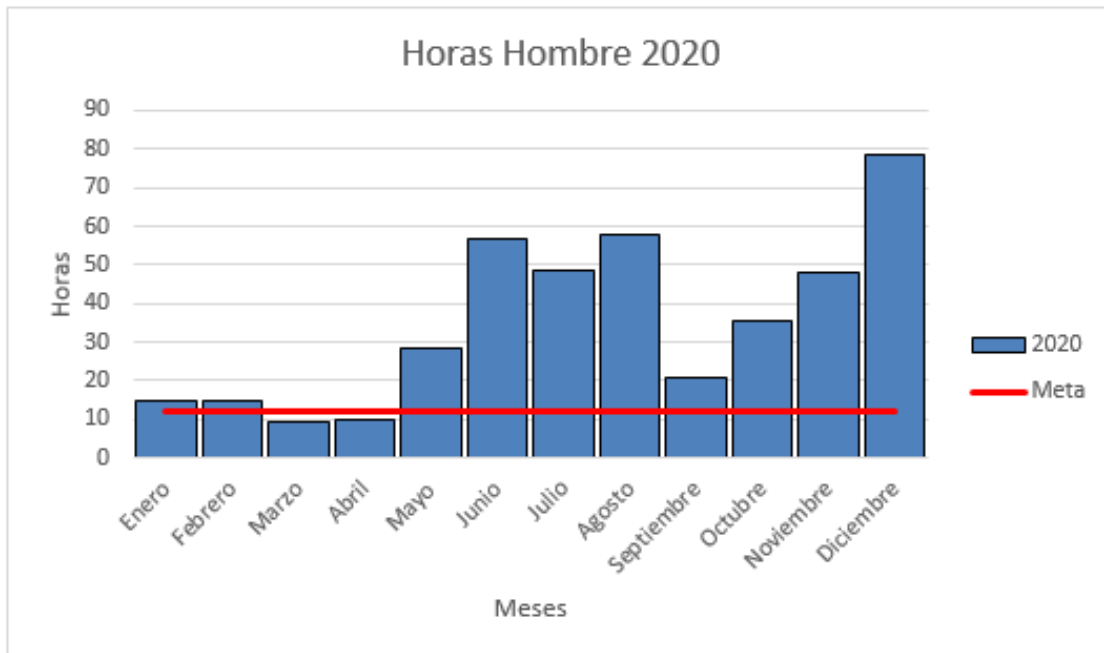


Figura 18. Gráfico de horas hombre

Fuente; Elaboración Propia (2021)

#### 4.2.6 MEDICIÓN DE LA TEMPERATURA DEL AGUA.

Según los estándares de calidad la temperatura óptima para el buen desempeño de los procesos que utilizan el agua se de  $26.8^{\circ}$  en el siguiente grafico se muestra que la temperatura está por encima de la temperatura óptima para el buen funcionamiento de los diferentes procesos.

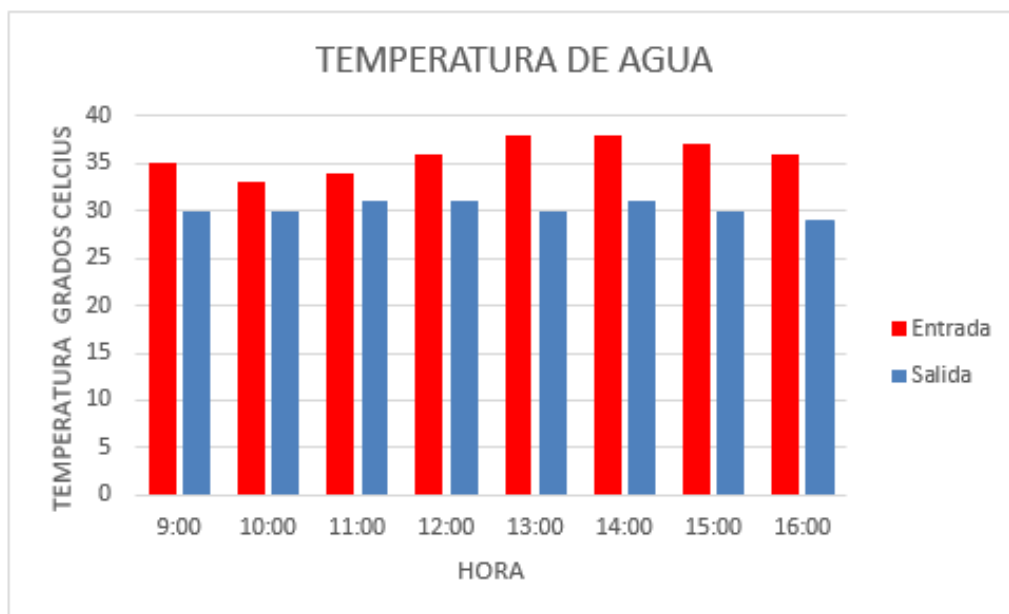


Figura 19. Gráfico de temperatura de agua

Fuente: Elaboración propia (2021)

#### **4.2.7 Diagrama de Ishikawa**

El diagrama de Ishikawa es una gráfica que relaciona el efecto (problema) con sus causas potenciales. Con esta herramienta logran analizar las diferentes causas que se presentan en el proceso en estudio, con el fin de enfocar el proyecto en el proceso con las causas de mayor importancia.

Esta herramienta se aplica con el criterio del encargado de mantenimiento de la planta BIA Alambres, además de la colaboración de un técnico.

1. Encargado de mantenimiento: Jorge Agüero Baltodano
2. Técnico: Iber David

Se analizan los factores, desde el método de las 6M, los cuales se mencionan a continuación:

1. Mano de obra
2. Materiales.
3. Medio ambiente.
4. Maquinaria
5. Medición
6. Método de trabajo

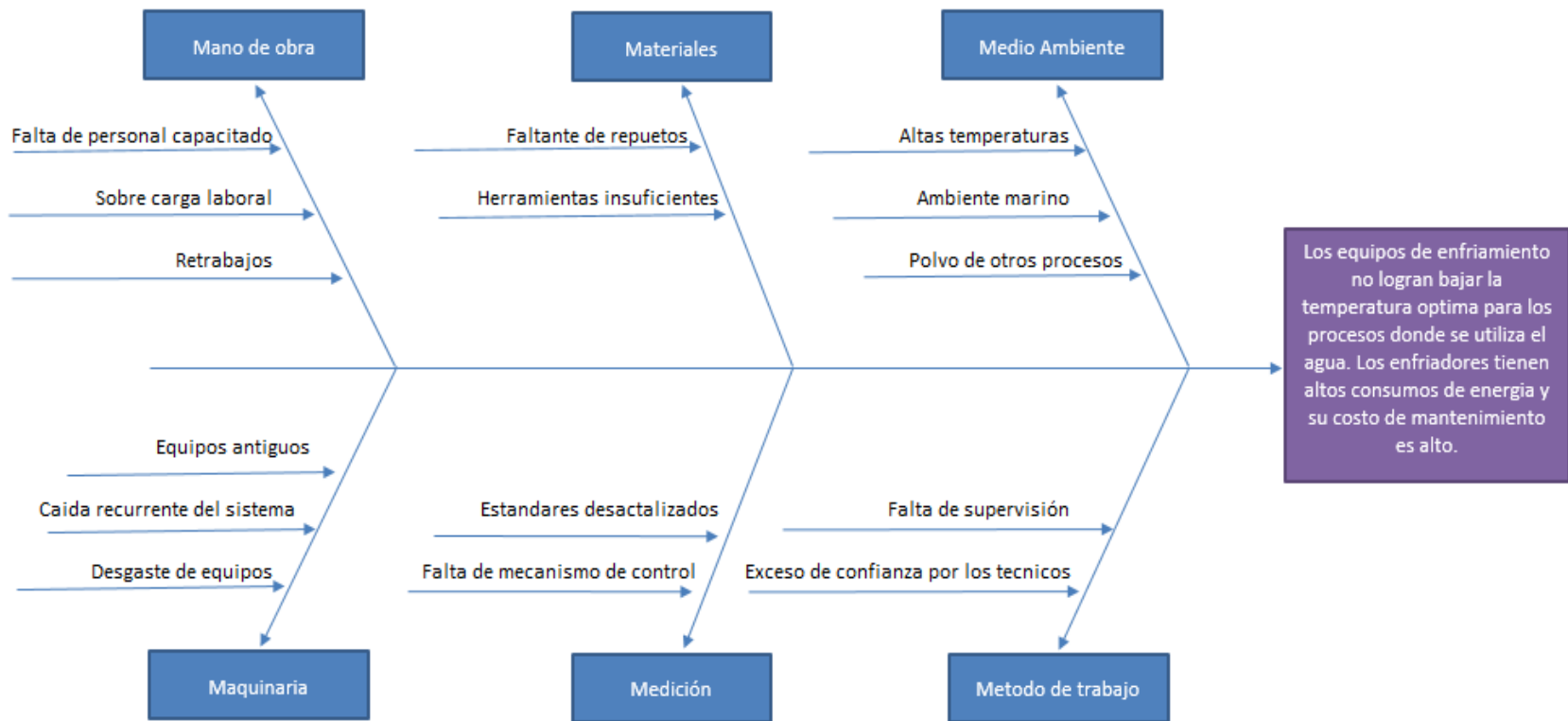


Figura 20. Diagrama de Ishikawa

Fuente: Elaboración Propia (2021)

Como resultado del diagrama de Ishikawa anterior se obtiene 2 factores que afectan directamente al proceso de enfriamiento. A continuación, se detallan las causas para los dos factores que se analizan:

1. Mano de obra: esta rama se enfoca en analizar las posibles causas que hacen que el desempeño del personal se vea afectado. Es de suma importancia que los técnicos de la compañía cuenten con conocimientos idóneos para mantener en las mejores condiciones los equipos y así el flujo de operaciones de la planta marche mejor. A continuación, se menciona la causa principal que influye en el desempeño de los técnicos:

- Falta de capacitación

Debido a lo indispensable que resulta el proceso de enfriamiento en la planta es importante que los técnicos cuenten con el conocimiento necesario para que se han ellos en los que en todos los casos logren solucionar los fallos que se presenten a diario en los equipos de enfriamiento y así la planta no incurra en requerir el servicio de mantenimiento por parte de proveedores externos con lo cual incrementaba los costos, al igual que demoras en la resolución de problemas.

2. Maquinaria: junto con la mano de obra, este recurso es de gran importancia en un proceso, debido a que, además de facilitar el trabajo de los operarios, contribuye a la eficiencia de las operaciones. En esta rama, se mencionan algunas causas que interfieren en la eficiencia del proceso de enfriamiento:

- Maquinaria con desgaste

Los equipos se encuentran trabajando en condiciones de desgaste por la cantidad de años en servicio, esto ocasiona constantes fallos en los equipos y paros de producción por temperaturas

altas del agua, además los equipos no cuentan con ningún sistema de alarma que indiquen cuando se han detenido lo que ocasiona que al seguir el flujo del agua que es movido por bombas continúe elevando la temperatura y se empiece a presentar diversos fallos en los procesos afectando así tanto piezas de las maquinas como al producto que se está manufacturando. Además de esto en ocasiones los enfriadores ocupan de un intercambiador de calor externo como es el caso de aspersores que ayuden a los serpentines a bajar las temperaturas.

Todos estos factores antes mencionados influyen para que los enfriadores no logren alcanzar la temperatura óptima del agua de 26,8° para el funcionamiento normal de los procesos de producción.

3. Medio ambiente: en este apartado se analizan las condiciones ambientales que presenta la planta, con el fin de identificar posibles causas que pueden afectar el rendimiento de los enfriadores. Seguidamente, se mencionan las causas que se identificaron:

- Altas temperaturas
- Ambiente con salinidad

Un ambiente con altas temperaturas puede ocasionar que el rendimiento de los enfriadores se reduzca, siempre tomando en cuenta que la ubicación de la planta productiva es en una zona que por naturaleza es de un clima seco-caliente, sin dejar de lado que la planta se encuentra muy cerca de la costa lo que crea un ambiente con mucha salinidad afectando la estructura de los enfriadores acelerando su deterioro.

4. Medición: este recurso es de mucho valor dentro del proceso, debido a que establece los controles de medición, en este caso el sistema carece de mecanismos de control y medición para detectar los fallos a tiempo por temperaturas altas del agua.
5. Materiales: en esta rama se conoce cómo influye la variabilidad de los materiales dentro del proceso de enfriamiento. Una causa que puede afectar el proceso es:
  - Falta de repuestos

Para mejorar los tiempos por fallos de los enfriadores se debe contar con los repuestos necesarios para los equipos a fin de no se presenten demoras por falta de los mismos, en este caso los equipos tienen más de 17 años lo que hace difícil conseguir algunos repuestos.

Métodos de trabajo: en esta rama es fundamental analizar de qué manera se realiza el trabajo, debido a que los procedimientos definidos son claves en el buen funcionamiento del proceso. La posible causa que puede afectar la eficiencia de los técnicos es:

- Exceso de confianza por parte de los técnicos con años de experiencia.

El proceso debe ser meramente vigilado y en caso de alguna falla mecánica o eléctrica de los enfriadores, se deben realizar las tareas a fin de solucionarlo y que la línea de producción no se vea afectada.

#### **4.2.8 Entrevista**

Con el fin de seguir analizando el proceso de enfriamiento se le realizó una entrevista al Ingeniero Jorge Agüero Baltodano, jefe del departamento de mantenimiento al funcionamiento y estado de los equipos de enfriamiento.

Los resultados obtenidos de dicha entrevista son los siguientes:

- El proceso de enfriamiento no cuenta con un flujo correcto del agua ya que solo se cuenta con un tanque de captación del agua caliente que retorna del proceso, después del que el agua pasa del tanque a los enfriadores para el intercambio de calor sigue su curso hasta los diferentes procesos, esta situación nos da como efecto que no se cuente con tiempo de reacción por parte de mantenimiento para solucionar fallos en los enfriadores, debido que al no tener un repositorio de agua fría, que en el caso que los enfriadores fallen, el proceso continúe sin afectación por un tiempo prolongado, dando así tiempo de reacción a mantenimiento para solucionar el fallo y lograr así el continuo funcionamiento del proceso sin afectar los procesos de producción evitando paros.
- Los equipos de enfriamiento se encuentran con desgaste ya que cuenta con alrededor de más de 21 años de funcionamiento, debido a esta condición se presentan constantes fallos como los intercambiadores dañados, problemas de presión por serpentines dañados, problema de lectura por daños en sensores, los equipos se disparaban por sobre esfuerzo, además el proceso no cuenta con dispositivos de seguridad que detuviera el proceso en caso de fallo de los enfriadores.
- El mal funcionamiento de los enfriadores ocasiona daños como ralladura de hileras en trefilado, en electro soldado se recalientan los cables de corriente, en recocido si no hay un enfriamiento adecuado se daña el sello y se da el escape de gases.
- Existen estándares operativos que exigen verificar la temperatura del agua antes de iniciar el proceso productivo, si el operador detecta que hay una inconsistencia en la temperatura del agua inmediatamente debe de reportar, presentándose así quejas por los diferentes procesos de producción por el mal funcionamiento de los enfriadores.

- El principal factor que afecta el proceso de enfriamiento es la continuidad operativa de los enfriadores ya que el equipo se encuentra en condiciones inoperativas.

Como resultado de toda la investigación realizada y los datos obtenidos se determina que los factores principales que ocasiona el mal funcionamiento y fallos del proceso de enfriamiento son la condición por deterioro y desgastes de los equipos, ya que estos equipos no están en condición de permitir la continuidad operativa de los chillers que son claves en el sistema de enfriamiento.

## **CAPÍTULO V**

### **LÍNEA BASE Y ANÁLISIS DE CAUSAS**

## **5.1 PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS.**

### **5.1.2 Renovación del equipo**

De acuerdo a lo indicado por mantenimiento ya esta idea se ha presentado en diferentes ocasiones, al sistema de enfriamiento se le han realizado varias renovaciones, las cuales no han logrado aumentar la eficiencia del sistema ni reducir los costos por mantenimiento y horas hombre significativamente.

Por lo cual esta opción se descarta al no presentar un cambio significativo en el sistema de enfriamiento.

### **5.1.3 Sustitución de los equipos por otros de tecnología moderna.**

Para la evaluación y selección de los equipos de refrigeración con nueva tecnología se tomaron en consideración distintos aspectos tales como el encontrar una alternativa amigable con el medio ambiente y que posean una eficiencia mayor que los equipos actuales. Un equipo que logre un alto desempeño en sus funciones utilizando una menor cantidad de recurso energético.

Estos equipos fueron seleccionados con el fin de mejorar las condiciones de desempeño en el enfriamiento de agua helada para los procesos productivos de la empresa BIA Alambres.

A su vez la compañía busca un proceso siempre confiable, que pueda abastecer toda la necesidad de producción cuando así se ha requerido además de reducir los costos operativos y de mantenimiento de su proceso.

Es entonces que se busca en el mercado equipos disponibles con nuevas tecnologías para enfriamiento de agua helada que sean capaz de producir de manera eficiente y segura, las con las siguientes capacidades:

Tabla # 2 Capacidades para la selección de equipos

Equipo	Capacidad (TN/Ref.)
1	60TN
2	90TN
3	90TN
4	20TN

Fuente: Elaboración propia (2021)

De acuerdo a las características mostradas en la tabla anterior se evalúan las siguientes tecnologías de refrigeración industrial:

- Tecnología A: Chillers Nuevos
- Tecnología B: Torre de enfriamiento

#### 5.1.4 Análisis comparativo de tecnologías nuevas.

Se realiza el siguiente análisis comparativo entre ambas tecnologías con el fin de escoger la mejor de acuerdo a las necesidades de la planta BIA Alambres.

Como parte de este análisis se busca comparar la eficiencia de operación de los equipos de refrigeración industrial modernos seleccionados en la sección 5.1.3 de este documento con respecto a los equipos instalados actualmente en la planta BIA Alambres para así conocer con las nuevas alternativas con las que puede contar un sistema de refrigeración moderno y evaluar los beneficios en cuanto ahorro energético que brindan estos equipos.

**Tabla 3. Comparativo De Tecnologías**

Características	Tecnología A	Tecnología B
Número de equipos	4 Chillers	2 Torres
Proveedor	Clima Ideal	Strong
Precio Total	\$242.226,93	\$214.030,00
Consumo KW	143,02	62,4
Horas/Mantenimiento mensual	20	8
Tiempo Importación	16-18 semanas	10-11 semanas
Duración de la Instalación	2 semanas	2 semanas

**Fuente: Elaboración propia (2021)**

De acuerdo a las características mostradas en la tabla anterior, se realiza la evaluación en conjunto con el departamento de mantenimiento donde se determina que la tecnología B es la más óptima ya que sus costos son menores, consume menos KWh, sus horas de mantenimiento son menores y los tiempos de importación y duración de la instalación de los equipos son más pronto.

## **5.2 PLAN DE IMPLEMENTACIÓN DE LA MEJORA.**

Después de analizar las propuestas de equipos para la mejora del proceso de enfriamiento se decide implementar la tecnología B la cual corresponde a las torres de enfriamiento ya que estas resultan siendo la más indicada para llevar acabo.

Las torres de enfriamiento presentan una mayor eficiencia operativa, lo cual con lleva a un menor consumo de energía. Adicionalmente se considera una disminución en los costos de mantenimiento y el menor tiempo que de dican los técnicos.

En cuanto a la implementación de esta propuesta, seguidamente se detallan los pormenores de implementar la mejora del proceso de enfriamiento en función de las torres de enfriamiento como alternativa.

### **Fase 1: Compra de los equipos**

Para la compra de los equipos el departamento de proveeduría de la planta BIA Alambres colocara la orden de compra a nombre de la compañía STRONG. Los equipos tienen un costo de total de USD 214.030,00.

A continuación, se detallan los costos:

**Tabla 4. Costos de Implementación De Las Torres De Enfriamiento**

<b>Ítem</b>	<b>qty</b>	<b>Descripción</b>	<b>Costos kUSD</b>	<b>Total</b>
1	2	Torres de enfriamiento.	56,50	113,00
2	2	Armado y colocación	13,90	27,80
3	1	Grúa para colocación	2,50	2,50
4	1	Costo del panel de control eléctrico e instrumentación.	31,00	31,00
5	1	Instalación mecánica tuberías y pasarelas	40,00	40,00
		<b>Total, inversión:</b>		214,30

**Fuente Elaboración Propia (2021)**

Esta gestión estará a cargo del señor Danilo Rodríguez quien se desempeña en el área de compras.

### **Fase 2: Importación de las Torres**

La importación de las dos torres de enfriamiento será realizada por el proveedor en este caso la empresa STRONG, quienes se encargarán de toda la logística hasta poner los equipos en planta esta gestión tomara entre 10 -11 semanas a partir de la confirmación mediante orden de la orden de compra. Las torres se transportarán totalmente desarmadas dentro de dos contenedores.

## Diagrama de Gantt

**CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN DE ACTIVIDADES PARA COMPRA DE LAS TORRES**

Actividades	Semana (S)	Mes 1				Mes 2				Mes 3				Mes 4			
		S-1	S-2	S-3	S-4	S-1	S-2	S-3	S-4	S-1	S-2	S-3	S-4	S-1	S-2	S-3	S-4
Colocar orden de compra	1 semana	■															
Llegada de los equipos a planta	11 semanas		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■			

Figura 21. Diagrama de Gantt actividades para compra de las torres.

Fuente: Elaboración Propia (2021)

### Fase 3: Instalación de las Torres

La instalación de las torres está incluida dentro del paquete de compra de los equipos, por lo cual la empresa Strong, será la encargada de esta actividad.

El lugar de instalación de las torres está comprendido dentro del área del parqueo contiguo al tanque de captación de agua industrial esto con el fin de optimizar las tuberías y no tener que requerir grandes modificaciones o extensiones de tubería. Al ser la instalación en otro lugar diferente al de los chillers no habrá necesidad de parar la producción de planta ya que los equipos actuales podrán seguir operando sin dificultad alguna.

En la siguiente figura se indica el área para la instalación de las Torres.

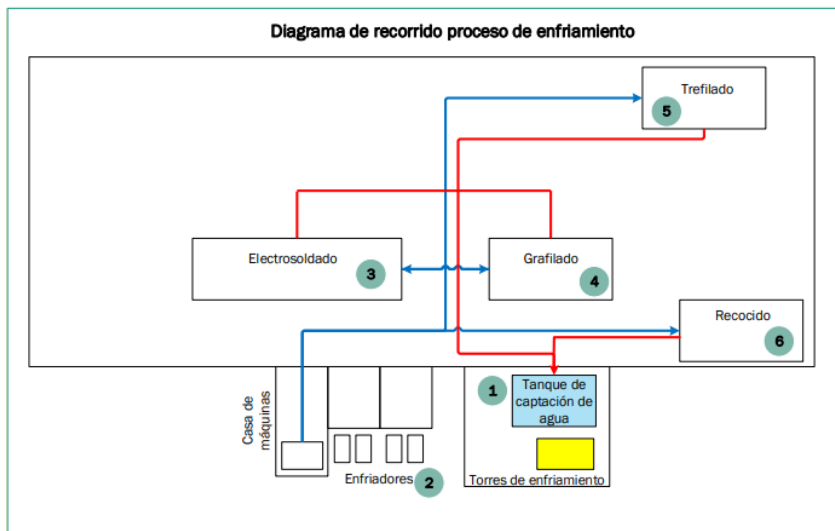


Figura 22. Área de instalación de las torres de enfriamiento.

Fuente: Elaboración propia (2021)

Esta actividad estará supervisada por el señor Jorge Agüero y tendrá una duración de 3 semanas.

#### **Fase 4: Puesta en Marcha de las Torres de enfriamiento**

Una vez instalados los equipos se realizarán pruebas de funcionamiento de todos los componentes de las torres de enfriamiento para verificar su correcto funcionamiento.

Tomando en consideración que la planta tiene un horario de trabajo de lunes a sábados el domingo la planta está detenida, de esta forma la puesta en marcha total de los

equipos se puede realizar este día y así realizar todas las verificaciones completas y garantizar que el ciclo de enfriamiento se cumple perfectamente.

Cabe resaltar que no será hasta el día lunes que todos los procesos estén en operación que se podrá realizar todas las mediciones requeridas y así demostrar el funcionamiento óptimo del proceso de enfriamiento.

En esta actividad están involucrados los técnicos de la empresa proveedora como también el señor Jorge Agüero y el ingeniero de procesos de la planta.

### Diagrama de Gantt

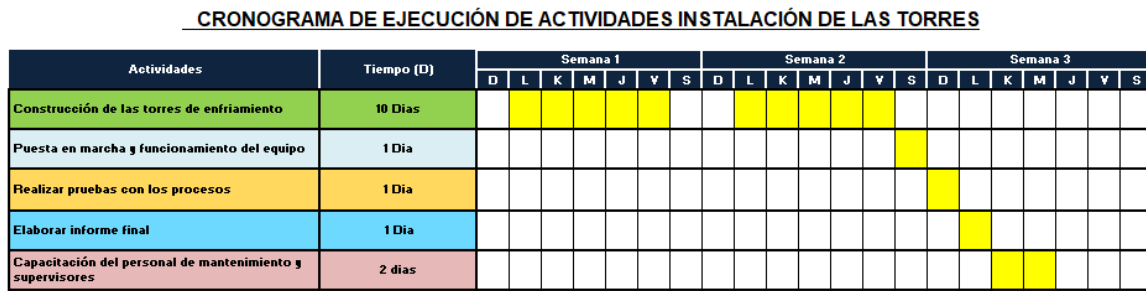


Figura 23. Diagrama de Gantt implementación de la propuestas

Fuente: Elaboración propia (2021)

La Figura No.23 muestra el diagrama de Gantt donde se establece todas las actividades que se deben realizar para la implementación de la propuesta de mejora del proceso de enfriamiento y también se establece el tiempo que se debe tardar en implementar cada una de ellas.

### **5.3 BENEFICIOS AL IMPLEMENTAR LA MEJORA**

Dentro de los principales beneficios que se tienen de la opción presentada al utilizar las torres de enfriamientos es que cada torre utiliza una bomba para la recirculación de agua mientras los equipos actuales utilizan dos bombas de agua por cada Chiller para un total de 8 bombas contra solo 2 que utilizaran las torres, además a pesar de ser 2 torres solo una trabajaría en forma continua, la segunda torre sería de respaldo en caso del fallo de la torre en funcionamiento.

En la siguiente grafica se detalla el ahorro por consumo de Kwh/mensual.

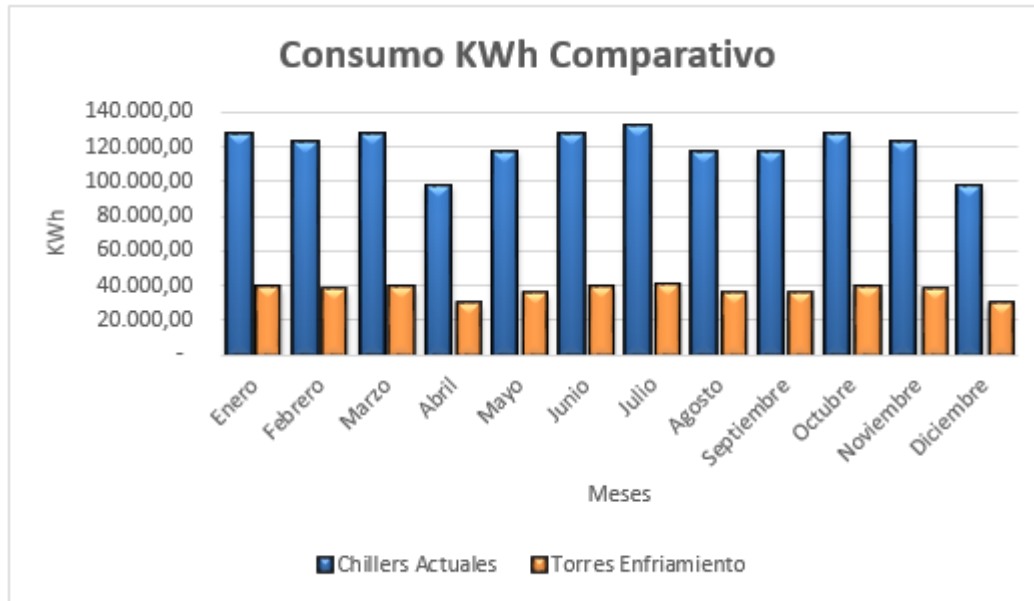


Figura 24. Grafica comparativa del consumo de energía de los equipos actuales respecto a las torres de enfriamiento

Fuente: Elaboración propia. (2021)

Tal como se observa en la gráfica anterior las torres de enfriamiento disminuyen considerablemente el consumo de energía lo que implica un ahorro considerable.

La siguiente grafica se detalla el ahorro en colones por consumos de energía mensual.

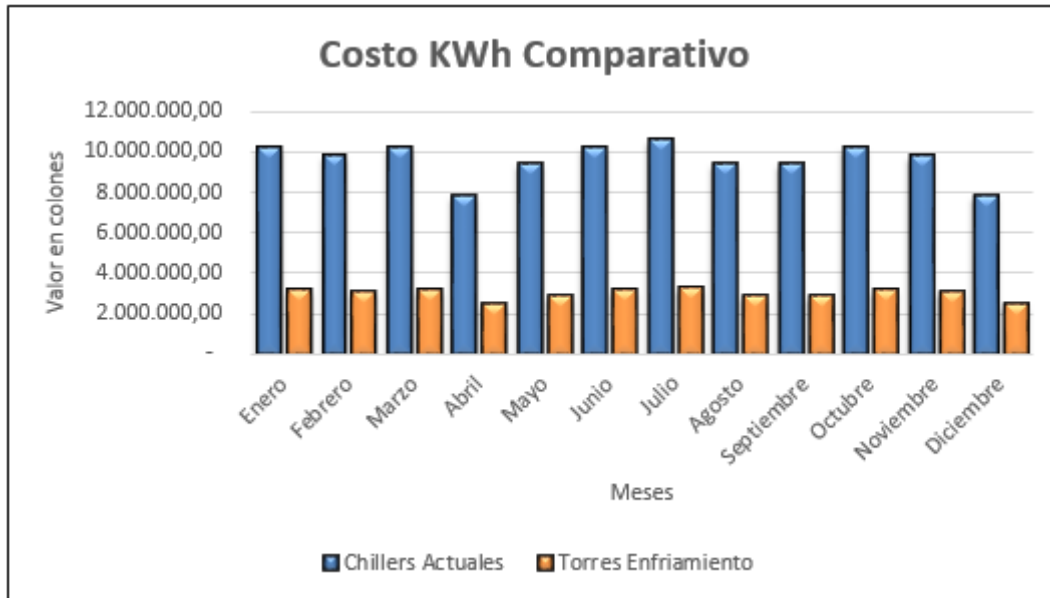


Figura 25. Grafica comparativa por costos de energía en colones.

Fuente: Elaboración Propia (2021)

Considerando los datos mostrados en el grafico anterior se evidencia el beneficio que traen las torres de enfriamiento desde la perspectiva económica, lo que supone un ahorro promedio mensual de ₡ 6 635 736,25.

La siguiente grafica muestra el ahorro de horas hombre por mantenimiento en colones.

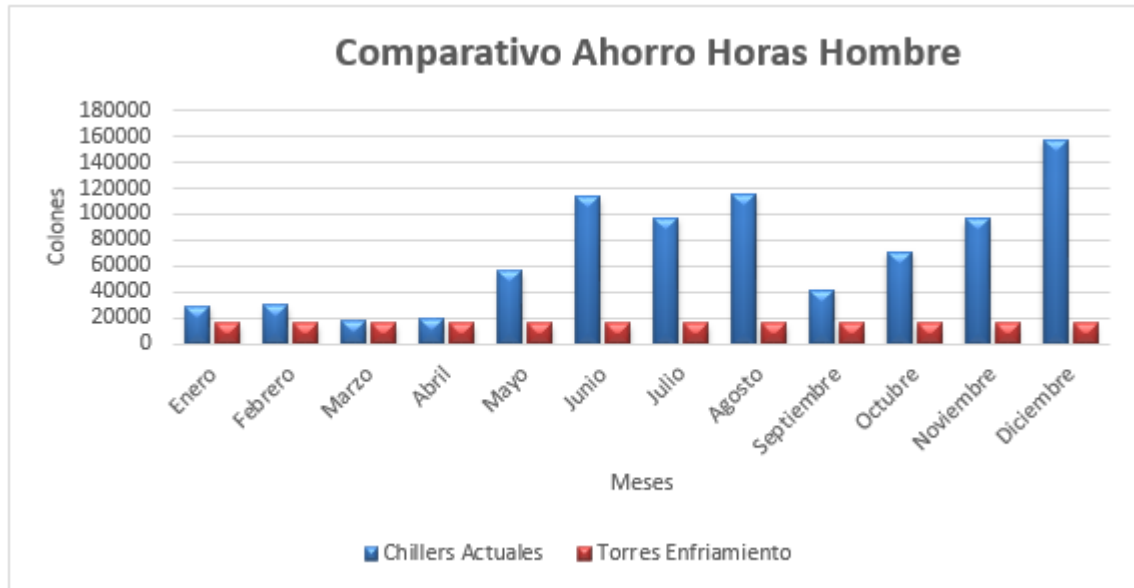


Figura 26. Comparativo ahorro de horas hombre por mantenimiento.

Fuente: Elaboración Propia (2021)

De acuerdo a los datos mostrados en el grafico anterior, se demuestra el ahorro por costo de horas hombres. Lo que beneficia a los técnicos de mantenimiento a ocupar el tiempo atendiendo los procesos principales de manufactura.

En el siguiente grafico se muestra los ahorros por repuestos de los equipos.

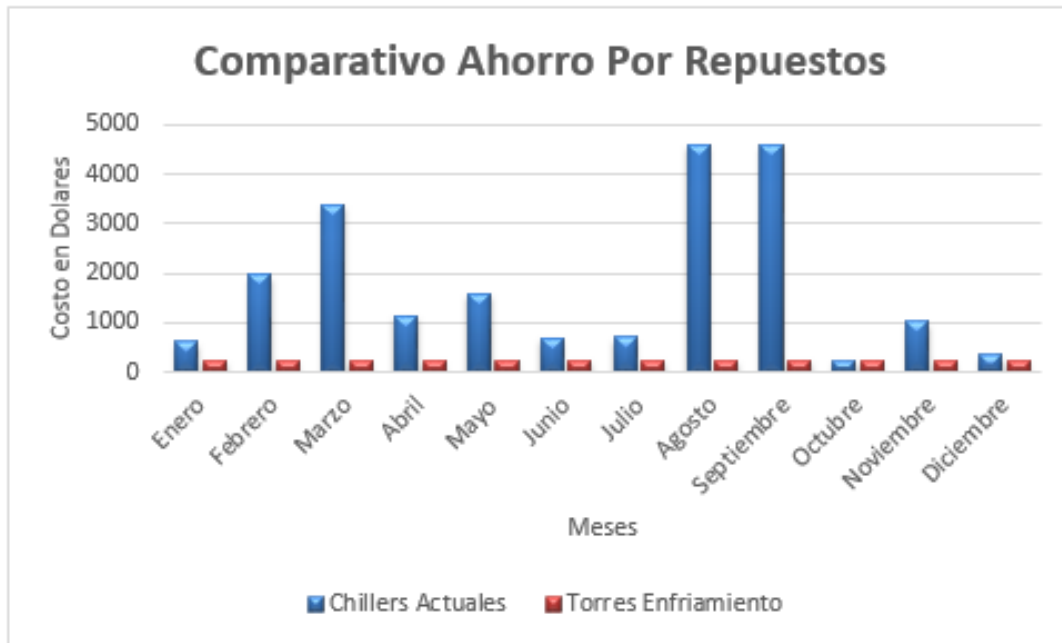


Figura 27. Comparativo ahorro por repuestos

Fuente: Elaboración Propia (2021)

En la Grafica anterior se demuestra el ahorro por costos de mantenimiento con la implementación de las torres de enfriamiento

### **5.3.1 Costos por inversión monetaria y análisis de la inversión para el sistema de enfriamiento mediante el equipo torres de enfriamiento.**

Como parte del estudio de prefactibilidad económica para la alternativa de las torres de enfriamiento se realiza el cálculo del valor actual neto (VAN) y la tasa interna de retorno (TIR), con el fin de determinar si la propuesta desarrollada resulta conveniente para realizar la inversión financiera

**Tabla 5. Flujo de caja e indicadores económicos de inversión para la utilización de las torres de enfriamiento.**

	<b>Periodo</b>	<b>Año 0</b>	<b>Año 1</b>	<b>Año 2</b>	<b>Año 3</b>	<b>Año 4</b>	<b>Año 5</b>
Costos	Costo Torres enfriamiento	\$113.000,00					
	Armado y colocación	\$27.800,00					
	Grúa para colocación	\$2.500,00					
	Costo panel eléctrico e instrumentación	\$31.000,00					
	Horas/Mantenimiento	\$0,00	\$3.000,00	\$3.000,00	\$3.000,00	\$3.000,00	\$3.000,00
	Instalación mecánica tuberías y pasarelas	\$40.000,00					
	<b>Total Costos</b>		\$214.300,00	\$3.000,00	\$3.000,00	\$3.000,00	\$3.000,00
Ingresos	Ahorro anual por consumo de energía		\$129.267,59	\$129.267,59	\$129.267,59	\$129.267,59	\$129.267,59
	Ahorro anual por mantenimiento		\$19.963,36	\$19.963,36	\$19.963,36	\$19.963,36	\$19.963,36
	Ahorro anual por horas hombre		\$1.061,92	\$1.061,92	\$1.061,92	\$1.061,92	\$1.061,92
	<b>Total Ingresos</b>		\$0,00	\$150.292,87	\$150.292,87	\$150.292,87	\$150.292,87
<b>Saldos</b>		-\$214.300,00	\$147.292,87	\$147.292,87	\$147.292,87	\$147.292,87	\$147.292,87

<b>Tasa</b>	8%
<b>VAN</b>	\$373.797,71
<b>TIR</b>	63%
<b>PRI (Años)</b>	1,43

**Fuente: Elaboración Propia (2021)**

De acuerdo a lo mostrado en la tabla número 5, se observa como la implementación de la alternativa de cambio por torres de enfriamiento, resulta atractiva debido a que en el cálculo del Valor Actual Neto con base a una tasa del 8% se obtiene un balance favorable de \$ 373.797,71 y además la Tasa Interna de Retorno para la alternativa planteada resulta ser 63%, en este caso el proyecto de inversión es aceptado ya que la TIR es mayor a la tasa mínima de rentabilidad y su Periodo de retorno de inversión es de 1,43 años.

#### **5.4 PLANES DE CONTROL**

Durante el desarrollo de la propuesta, surge la necesidad de establecer controles que ayuden a medir la eficacia de la propuesta de mejora del proceso de enfriamiento a continuación se detallan los controles a establecer:

- Indicador de horas de mantenimiento: con el objetivo de controlar las horas de mantenimiento invertidas en el proceso de enfriamiento se implementará este indicador que nos ayudará de manera mensual a tener claridad sobre las horas de mantenimiento dadas a las torres de enfriamiento.
- Indicador de consumo Kw/h: con este indicador se podrá llevar un control de los consumos de energía de forma mensual y tener visualización del comportamiento del consumo.
- Indicador del costo de mantenimiento: mediante este indicador se podrá llevar el control de los costos de mantenimiento de forma mensual con el objetivo de validar el cumplimiento de la meta de \$3000 mensuales.

- Chequeos visuales rutinarios: Con el fin de verificar si existen fugas de aguas, ruidos o vibraciones extrañas que no sean común en el funcionamiento.
- Chequeo de presión y de la temperatura del agua que ingresa en la torre y la del tanque de captación de agua.
- Registro de temperatura del agua que ingresa en los procesos: se debe llevar un registro de las temperaturas que entran y salen durante un periodo establecido.

Con la implementación de los controles antes mencionados se podrá evaluar de manera óptima el cumplimiento de los objetivos por el cual se decidió implementar las torres de enfriamiento las cuales buscan la optimización del proceso de enfriamiento, reduciendo los costos por consumo de energía y mantenimiento de los equipos.

## **CAPITULO VI**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## 6.1 CONCLUSIONES

1) La Realización de este proyecto de investigación permitió generar un diagnóstico sobre la situación actual del proceso de enfriamiento, esto a fin de determinar puntos cruciales y optimización del proceso.

2) Se inició con un análisis al proceso de enfriamiento, en donde se realizó un diagnóstico de la situación actual mediante herramientas como el diagrama de Ishikawa y entrevistas entre otras, para identificar las causas de los problemas del proceso de enfriamiento donde se concluye que las causas principales de los fallos son:

- Condición de deterioro y desgastes de los equipos de enfriamiento

3) Para la realización del objetivo 2, se definió el proceso de enfriamiento mediante herramientas como diagrama de flujo y diagrama de recorrido además se realizó descripción del proceso total esto con el fin de tener mayor claridad del proceso y conocer su ciclo.

4) Para este objetivo 3 se contó con ayuda del personal técnico donde realizamos mediciones a todos los equipos del proceso de enfriamiento determinando su consumo de 203,7 Kwh, con esta mediciones se determinó el consumo mensual de los equipos de enfriamiento con un promedio de 83 809,72Kw/h mensual.

5) Con los datos obtenidos de consumo se realiza el análisis de los costos por consumo de energía mensuales donde se determina que el costo promedio mensual es de ₡ 9 566 167,55. A si mismo se hace un análisis de los costos mensuales por mantenimiento de los equipos de enfriamientos determinando su costo promedio mensual de \$ 1 745,28.

6) De acuerdo a la investigación realizada y los datos obtenidos donde se determina el estado actual de los equipos en deterioro y desgaste lo que conlleva a altos costos por consumo de energía, mantenimiento y tomando en consideración los años de antigüedad de los equipos, se realiza un sondeo en el mercado considerando el avance tecnológico en sistemas de transferencias de calor, con eficiencias de operación mayores a los equipos instalados. Se propusieron dos tecnologías chillers nuevos y torres de enfriamiento donde mediante un comparativo de características de los equipos y en conjunto con el departamento de mantenimiento se opta por torres de enfriamiento.

A partir de la comparación de los equipos actuales contra las torres de enfriamiento se determina que la anterior mencionada posee un menor costo operativo en relación al consumo de energía y costos de mantenimiento.

Desde el punto de vista económico, la alternativa de las torres de enfriamiento para suplir la carga de enfriamiento para los procesos productivos, resulto ser propicia desde el punto de inversión financiera, debido a que el Valor Actual Neto y la tasa interna de Retorno asociados a dicha propuesta se obtuvieron datos favorables, así como su periodo de recuperación el cual es de 1,43 años.

## **6.2 RECOMENDACIONES**

1) Se recomienda realizar una revisión de las tuberías de agua helada para garantizar que están en buen estado y cambiar los aislantes que estén en mal estado.

Una opción para para aislar la tubería consiste en forrar la misma en Armaflex de 1 pulgada de espesor o algún otro tipo de espuma elastomérica, seguidamente se cubre la tubería con manta y se

aplica pintura impermeabilizante para evitar que la humedad traspase el aislante. Además se puede utilizar fibra de vidrio para evitar aún más la transferencia de calor con el ambiente.

2) El sistema presenta manómetros y termómetros en mal estado y en algunos casos las tuberías carecen de ellos, en la mayoría de casos el dato de la temperatura que registran los termómetros no son tan precisos, por lo que se recomienda a la empresa llevar un control del estado de estos instrumentos, reparar los que se encuentren malos o sustituirlos en caso de ser necesario.

Todos los puntos que consumen agua fría en la planta deben contar con un manómetro y un termómetro que permitan saber si el agua está llegando a la presión y temperatura requerida.

En los procesos el monitoreo de las condiciones del agua de enfriamiento debe ser mayor. Para tal efecto se recomienda instalar transmisores de presión y temperatura, en los cuales se puedan definir un rango de funcionamiento, y si el agua en determinado momento no cumple con esas condiciones, el transmisor envíe una señal de salida que pueda ser utilizada para detener el programa de control de los procesos.

Finalmente, poner en práctica las recomendaciones y propuesta detallada en este documento, para seguir mejorando no solo el proceso de enfriamiento, sino también la gestión de mantenimiento.

## **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

## Referencias bibliográficas

Martínez, A., & Cegada, J. (2014). Gestión por procesos de negocio: organización horizontal.

España: Ecobook - Editorial del Economista.

Gutiérrez, H., & De la Vara, R. (2009). Control Estadístico de la Calidad y Seis Sigma. México

D.F: McGraw-Hill.

Pande, S., Peter, P., Neuman, R., & Cavanagh, R. (2002). Las claves de Seis Sigma. La

implantación con éxito de una cultura que revoluciona el mundo empresarial. Madrid: Mc

Graw-Hill.

Baltimore, D., González, I., Ruíz, N y Tinetti, Oliver (2012). Propuesta de diseño de un sistema de

refrigeración por absorción para mejorar la eficiencia de operación de planta en una central

geotérmica. *Tesis para optar por el título de Ingeniero Mecánico*. Recuperado de:

[http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/1793/1/PROPUESTA\\_DE\\_DISE%C3%91O\\_DE\\_UN\\_SISTE](http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/1793/1/PROPUESTA_DE_DISE%C3%91O_DE_UN_SISTE)

[MA\\_DE\\_REFRIGERACION\\_POR\\_ABSORCION.pdf](http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/1793/1/PROPUESTA_DE_DISE%C3%91O_DE_UN_SISTE_MA_DE_REFRIGERACION_POR_ABSORCION.pdf)

Cambronero, R., Losilla, J y Maroto, M. (2015) Optimización del sistema de enfriamiento de

producción de agua helada del proceso de fraccionamiento de aceite de palma de la

compañía

Numar.

Recuperado

de:

<http://repositorio.sibdi.ucr.ac.cr:8080/jspui/handle/123456789/2973>

Flores, J. (2010). Método de predicción del desempeño de un enfriador de líquido (chiller) en

función de un perfil de demanda. *Tesis para optar por el grado de ingeniero mecánico*.

Recuperado:

<http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/2237/Flores%20Arteaga.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

CreceNegocios. (2019). ¿Qué es el análisis costo-beneficio? Recuperado de:  
<https://www.crecenegocios.com/analisis-costo-beneficio/>

Cascante, J. (2016). Investigación en el Aula. Primera Edición. Costa Rica: EUNED.

Barrantes, R. (2013). Investigación: Un camino al conocimiento. Un enfoque cualitativo y mixto. Segunda Edición, Editorial Estatal a Distancia. San José, Costa Rica.

Salazar, A. (2014). Métricas de proceso y de proyecto. Recuperado de:  
<https://prezi.com/tpnv2zha9d97/metricas-de-proceso-y-de-proyecto/>

## **ANEXOS**

**FOTOS DE ENFRIADORES ACTUALES TIPOS CHILLER**



## **ENTREVISTA AL SEÑOR JORGE AGÜERO JEFE DE MANTENIMIENTO.**

1. ¿Cómo considera usted que es el flujo de proceso de enfriamiento?

No considero que el flujo sea el correcto, porque al pasar de que el agua pasa por intercambiadores de calor hace un recorrido que le resta eficiencia al proceso. Ya que se mezclaban el agua caliente con la fría porque al retorno caían en un mismo compartimiento, esto ocasionaba que el agua estuviera a una temperatura a mayor a 30 grados.

Además, al no tener un repositorio para el agua fría, no se tenía tiempo de reacción ante fallos del sistema.

2. ¿Existen quejas por parte de las diferentes áreas?

Sí, porque el agua no cumple con la temperatura óptima para el funcionamiento del proceso.

3. ¿Cuáles son las quejas por parte de las áreas productivas?

Altas temperaturas, dañaban componentes de las máquinas y el producto.

Electro soldado: Cables de corriente dañados se derretían los protectores térmicos.

Trefilado: Ralladuras de Hileras por calentamiento del polvo de trefilar

Grafilado: Alambre caliente se dilata y se afloja en el tambor

Recocado: Daño del sello de las tapas de los potes.

4. ¿Cuáles factores cree usted que afectan en el proceso de enfriamiento?

- La continuidad operativa.
- Los equipos estaban inoperativos incluso se usaba aspersores de agua directamente en los serpentines para ayudar al intercambio de calor.

5. ¿Qué hace el departamento de mantenimiento para mejorar el proceso de enfriamiento?

- Rutina de inspección de turno y de mantenimiento preventivo mensual de los equipos.
- Servicio de mantenimiento correctivos por el proveedor Clima ideal.
- Sistema externo de enfriamiento de los serpentines de los chillers.

6. ¿Cuál cree usted que es la causa principal de los fallos de los equipos de enfriamiento?

17 años de operación con una zona de alta humedad y salinidad en el ambiente, (El sistema hace pasar aire del ambiente por los equipos para intercambiar el calor y este aire con salinidad afectaba los equipos) han hecho que los equipos estén en condiciones de desgaste extremo.