



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LOS PROCESOS OPERATIVOS
DEL CENTRO DE OPERACIONES VIENTO-SOLAR, UBICADO EN EL CANTÓN DE
TILARAN, PROVINCIA DE GUANACASTE, COSTA RICA**

Nestor José Miguel Nimatuj Cajas

Asesorado por el Msc. Ing. Rigoberto Rafael Sandoval López

Guatemala, agosto de 2022

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LOS PROCESOS OPERATIVOS
DEL CENTRO DE OPERACIONES VIENTO-SOLAR, UBICADO EN EL CANTÓN DE
TILARAN, PROVINCIA DE GUANACASTE, COSTA RICA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

NESTOR JOSÉ MIGUEL NIMATUJ CAJAS

ASESORADO POR EL MSC. ING. RIGOBERTO RAFAEL SANDOVAL LÓPEZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO ELECTRICISTA

GUATEMALA, AGOSTO DE 2022

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Kevin Vladimir Cruz Lorente
VOCAL V	Br. Fernando José Paz González
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Armando Gálvez Castillo
EXAMINADOR	Ing. Bayron Armando Cuyán Culajay
EXAMINADOR	Ing. Julio Rolando Barrios Archila
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LOS PROCESOS OPERATIVOS
DEL CENTRO DE OPERACIONES VIENTO-SOLAR, UBICADO EN EL CANTÓN DE
TILARAN, PROVINCIA DE GUANACASTE, COSTA RICA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, con fecha mayo 2022.



Nestor José Miguel Nimatuj Cajas



EEPFI-PP-0668-2022

Guatemala, 6 de mayo de 2022

Director
Armando Alonso Rivera Carrillo
Escuela De Ingenieria Mecanica Electrica
Presente.

Estimado Ing. Rivera

Reciba un cordial saludo de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería.

El propósito de la presente es para informarle que se ha revisado y aprobado el Diseño de Investigación titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LOS PROCESOS OPERATIVOS DEL CENTRO DE OPERACIONES VIENTO SOLAR, UBICADO EN EL CANTÓN DE TILARAN, PROVINCIA DE GUANACASTE, COSTA RICA**, el cual se enmarca en la línea de investigación: **Área de Operaciones - Optimización de operaciones y procesos**, presentado por el estudiante **Nestor Jose Miguel Nimatuj Cajas** carné número **200430594**, quien optó por la modalidad del "PROCESO DE GRADUACIÓN DE LOS ESTUDIANTES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA OPCIÓN ESTUDIOS DE POSTGRADO". Previo a culminar sus estudios en la Maestría en ARTES en Gestion Industrial.

Y habiendo cumplido y aprobado con los requisitos establecidos en el normativo de este Proceso de Graduación en el Punto 6.2, aprobado por la Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería en el Punto Décimo, Inciso 10.2 del Acta 28-2011 de fecha 19 de septiembre de 2011, firmo y sello la presente para el trámite correspondiente de graduación de Pregrado.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"


Rigoberto Rafael Sandoval López
INGENIERO MECANICO
Colegiado No. 14897
Mtro. Rigoberto Rafael Sandoval López
Asesor(a)


Mtro. Kenneth Lubeck Corado Esquivel
Coordinador(a) de Maestría




Mtro. Edgar Darío Álvarez Cotí
Director
Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería





EEP-EIME-0668-2022

El Director de la Escuela De Ingenieria Mecanica Electrica de la Facultad de Ingenieria de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el visto bueno del Coordinador y Director de la Escuela de Estudios de Postgrado, del Diseño de Investigación en la modalidad Estudios de Pregrado y Postgrado titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LOS PROCESOS OPERATIVOS DEL CENTRO DE OPERACIONES VIENTO SOLAR, UBICADO EN EL CANTÓN DE TILARAN, PROVINCIA DE GUANACASTE, COSTA RICA** , presentado por el estudiante universitario **Nestor Jose Miguel Nimatuj Cajas**, procedo con el Aval del mismo, ya que cumple con los requisitos normados por la Facultad de Ingenieria en esta modalidad.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

The image shows a handwritten signature in black ink over a circular official stamp. The stamp contains the text: "UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA", "DIRECCIÓN ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA ELECTRICA", and "FACULTAD DE INGENIERIA".

Ing. Armando Alonso Rivera Carrillo
Director
Escuela De Ingenieria Mecanica Electrica

Guatemala, mayo de 2022

LNG.DECANATO.OI.610.2022

La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LOS PROCESOS OPERATIVOS DEL CENTRO DE OPERACIONES VIENTO-SOLAR, UBICADO EN EL CANTÓN DE TILARAN, PROVINCIA DE GUANACASTE, COSTA RICA**, presentado por: **Nestor José Miguel Nimatuj Cajas**, después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada

Decana

Guatemala, agosto de 2022

AACE/gaoc

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por darme la vida y sabiduría para poder alcanzar esta meta.
Mis padres	Por su amor incondicional y ejemplo de nunca darse por vencido
Mis hermanos	Por ser un apoyo y palabras de aliento
Mi hermana	Por estar conmigo en todo momento
Mis abuelos	Por inspirarme cada día a ser una mejor persona
Mis amigos	Por su apoyo en el cada paso de la carrera
Quetzaltenango	Tierra que me vio nacer.

AGRADECIMIENTOS A:

**Universidad de San
Carlos de Guatemala**

Alma Mater, mi segundo hogar y gran fuente de
inspiración.

Facultad de Ingeniería

Por los conocimientos adquiridos y valores para
ser el profesional que Guatemala necesita

Mis padres

Por creer en mi en todo momento.

Mis hermanos

Por su importante influencia en mi vida.

Mis abuelos

Por haber sido parte fundamental en mi
desarrollo personal.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO	IX
1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES	5
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	9
3.1. Descripción del problema	10
3.2. Formulación del problema	11
3.2.1. Pregunta central	11
3.2.2. Preguntas auxiliares	11
3.3. Delimitación del problema	12
4. JUSTIFICACIÓN	13
5. OBJETIVOS	15
5.1. General.....	15
5.2. Específicos	15
6. NECESIDADES POR CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN	17
6.1. Esquema de solución	18

7.	MARCO TEÓRICO	19
7.1.	Generación de energía con tecnología eólica	19
7.2.	Generación de energía con tecnología solar.....	24
7.3.	Gestión de activos.....	30
7.3.1.	Gestión de activos por fallas	31
7.3.2.	Gestión de activos por eventos asociados	31
7.4.	Automatización industrial	32
7.4.1.	Definición de automatización.....	33
7.4.2.	Características de la automatización industrial	34
7.5.	Niveles de automatización	35
7.5.1.	Nivel elemental.....	36
7.5.2.	Nivel intermedio.....	36
7.5.3.	Ventajas y desventajas de la automatización industrial.....	36
7.6.	Centro de operaciones viento-solar Guanacaste, Costa Rica.....	37
7.6.1.	Historia	38
7.6.2.	Planificación	38
7.6.3.	Gestión de recurso humano	39
7.6.4.	Clientes principales	39
7.7.	Procesos operativos en un centro de operaciones de potencia.....	39
7.7.1.	Características principales	41
7.7.2.	Tareas y gestiones diarias.....	41
7.7.3.	Control de operaciones	42
7.8.	Planificación estratégica.....	42
7.9.	Preguntas básicas para una planificación estratégica.....	43
7.9.1.	Misión	44
7.9.2.	Visión.....	45

7.9.3.	Objetivos estratégicos	46
7.9.3.1.	Pasos para la definición de objetivos estratégicos	47
7.9.4.	Estrategias y plan de acción	47
7.9.5.	Indicadores de desempeño.....	48
7.9.5.1.	Conceptos.....	49
7.9.5.2.	Tipos de indicadores.....	49
7.10.	Proceso administrativo	50
7.11.	Productividad.....	51
7.11.1.	Concepto de productividad	52
7.11.2.	Factores productivos	52
7.11.3.	Factores internos	52
7.11.4.	Factores externos	52
7.12.	Herramientas de análisis de productividad	53
7.12.1.	Competitividad.....	53
7.13.	Herramientas de análisis de competitividad	54
7.13.1.	FODA.....	55
7.13.2.	PORTER.....	55
7.13.3.	PESTEL.....	55
7.14.	Mejora continua	56
7.14.1.	Circulo de Deming	56
8.	PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDO.....	59
9.	METODOLOGÍA.....	63
9.1.	Diseño	63
9.2.	Enfoque	63
9.3.	Tipo de estudio	64
9.4.	Alcance.....	64

9.5.	Unidad de análisis	65
9.6.	Variables	65
9.7.	Fases del estudio	66
9.7.1.	Fase 1: revisión documental de la teoría existente	67
9.7.2.	Fase 2: análisis situacional e identificación de las oportunidades de mejora	67
9.7.3.	Fase 3: planteamiento del estándar de operación en los procesos operativos	68
9.7.4.	Fase 4: revisión y análisis de la implementación estandarizada en los procesos operativos	69
9.8.	Resultados esperados	70
10.	TÉCNICAS DE ANÁLISIS	73
11.	CRONOGRAMA	75
12.	FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO	77
13.	REFERENCIAS	79
14.	APÉNDICES	83

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Esquema de solución	18
2.	Ataque del viento hacia un aerogenerador en movimiento o en estado de reposo	20
3.	Esquema de la automatización industrial	34
4.	Características de la automatización industrial	35
5.	Ventajas y desventajas de la automatización industrial	37
6.	Proceso de planificación estratégica	43
7.	Preguntas que deberá responder la misión y la misión para su creación.....	46
8.	Cronograma de actividades	75

TABLAS

I.	Distribución de equipos eólicos en Centroamérica	9
II.	Distribución equipos solares en Centroamérica y República Dominicana	9
III.	Datos para calcular una instalación fotovoltaica	26
IV.	Formato de preguntas para una adecuada planificación estratégica ...	44
V.	Tipos de indicadores cuantificables y cuantificables	50
VI.	Tabla de recolección de duplicidad de informes	65
VII.	Operacionalización de variables	66
VIII.	Recursos necesarios para la investigación	77

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
°C	Grados Celsius
°C/h	Grados Celsius por hora
°	Grados
Hz	Hercio
h	Horas
=	Igual que
kW	Kilovatio
km	Kilómetro
kV	Kilovoltio
>	Mayor que
MW	Mega Vatio
MWh	Mega vatio hora
<	Menor que
m	Metro
m^3	Metro cúbico
m^3/s	Metro cúbico por segundo
m.s.n.m.	Metros sobre el nivel del mar
'	Pies o minutos
mm	Milímetro
%	Porcentaje
P	Potencia
Q	Quetzales
RPM	Revoluciones por minuto

Ns

Velocidad angular o velocidad específica

W

Vatio

GLOSARIO

AEG	Aerogenerador.
Aerogenerador	Generador eléctrico que convierte la energía, cinética del viento en energía eléctrica.
Axial	En dirección al eje.
Celdas solares	Dispositivo electrónico que captura la luz solar y la convierte directamente en energía.
Estación	Espacio físico en el centro de operaciones donde se realizan las operaciones y gestión de los activos Viento-Solar.
Energía cinética	Energía debida a un movimiento determinado.
Operador	Personal que monitorea de forma ininterrumpida la operación de los diferentes activos del Centro de Operaciones.
PLC	Controlador Lógico Programable.
Paneles solares	Conjunto de celdas solares que transforman la energía del sol en energía útil.

String	Termino en inglés que significa: cadena de paneles solares interconectados para generar energías eléctricas.
Tensión	Diferencia de potencial eléctrico entre dos puntos, medida en Voltios.
Temperatura	Magnitud física que indica la energía interna de un cuerpo, un objeto o del medio ambiente en general.
Transformador	Dispositivo eléctrico que permite aumentar o disminuir la tensión en un circuito eléctrico.
Tendencia	Patrón de comportamiento de los elementos de un entorno particular durante un período.
Vibraciones	Propagación de ondas eléctricas produciendo deformaciones y tensiones sobre un medio continuo. En su forma más sencilla, una vibración se puede considerar como un movimiento repetitivo alrededor de una posición de equilibrio.

1. INTRODUCCIÓN

El despacho de energía eléctrica en las regiones a cargo del Centro de Operaciones ubicado en el cantón de Tilaran en la provincia de Guanacaste Costa Rica es responsable del monitoreo de instalaciones de energía renovable, de ellas se administran 208 aerogeneradores y 67 centros de transformación de energía solar, por lo que la demanda entorno a la eficiente administración es el principal reto para el responsable de funciones en turno.

Se propone por medio de la presente investigación diseñar la gestión eficiente que permita optimizar los procesos operativos que se desarrollan constantemente en el centro de operaciones de generación de energía eólica y solar. Actualmente se instauró la unificación del monitoreo y de las operaciones generales de las tecnologías viento-solar abruptamente sin emplear evaluaciones de riesgo o simulacros por medio de software que demostrará la viabilidad o el fracaso de dichas acciones, por lo que la falta de organización ha impactado en los procesos para que sean aleatorios, desordenados y en ocasiones pueden generarse más reprocesos que informes fiables.

Con el diseño de un escenario administrativo donde se logren optimizar los procesos operativos es que se pretende generar información veraz, de tal forma que el centro de mando genere valor y que sus KPI's sobre la energía producida, la productibilidad, la disponibilidad y el valor de la energía perdida se presentado acorde a la dinámica de las operaciones mensuales evaluadas.

Para el planteamiento de la solución del problema, se realizarán monitoreos constantes en las operaciones de los activos, por lo que se pretende

desarrollar el conjunto de tareas ordenadas y protocolares sobre el control de las variables de temperatura, vibraciones, aprovechamiento eficiente del recurso humano con la finalidad de lograr identificar de forma oportuna aquellas variaciones presentes que generan tendencias de datos no reales en los informes del personal de mantenimiento. Ese conjunto de acciones esperadas servirá en el centro de control para mitigar aquellos paros inesperados, pérdidas de generación de energía que impactan de forma directa al consumidor final, que en Costa Rica le denominan usuario, generando así el incremento en la tarifa de la cuota de consumo de energía eléctrica.

El informe final constara de los siguientes capítulos:

- Antecedentes

En este capítulo se encontrarán los estudios previos que se tienen como referencia en la gestión de procesos, la implementación de herramientas y el impacto en el subsector eléctrico.

- Marco teórico

Se describirá el proceso de generación de energía por medio de tecnologías eólicas y solar, la gestión de activos ante fallas y eventos asociados a la dinámica de la operación en tiempo real y la importancia de la interacción entre el área de operaciones y mantenimiento.

- Desarrollo de la investigación

Se desarrollará cada una de las fases que conforman el proceso siendo estas:

- Fase 1: revisión documental de la teoría existente
- Fase 2: análisis situacional e identificación de las oportunidades de mejora
- Fase 3: planteamiento del estándar de operación en los procesos operativos
- Fase 4: revisión y análisis de la implementación estandarizada en los procesos operativos.
- Presentación de resultados

En este capítulo se realizará la comparación de las estadísticas del antes y después de la implementación del estándar, como el impacto que se ha tenido en los KPI

- Discusión de resultados

Se presentarán los logros de la implementación de los estándares y el efecto en la gestión de activos

2. ANTECEDENTES

La coordinación del despacho de energía eléctrica mediante la centralización de operaciones genera la necesidad de encontrar métodos para lograr la mayor eficacia en el despacho de energía a corto, mediano y largo plazo.

Rubiales (2012) en su trabajo académico, propone el uso del método para lograr alcanzar el despacho eficiente de energía hidroeléctrica con el sistema hidrotérmico en Argentina. Por lo que el objetivo de su trabajo fue poder encontrar un algoritmo que pudiese resolver el problema de despacho en la generación de potencia ofertada. Las técnicas empleadas para la creación del método fueron dos, una de tipo *branch and bound* considerando relajación para cota dual y el otro basado en la dualidad Lagrangean, los algoritmos desarrollados en su trabajo resolvieron el problema de coordinación de las operaciones de despacho a corto plazo para el Mercado Eléctrico Argentino.

Los diagnósticos de procesos, realizado de formas correctas son herramientas que proporcionan la información del estado actual de los procesos.

Para Bustamante (2013) realiza el diagnóstico de los procesos y el nivel de calidad alcanzado, para poder así, generar un informe general que permitiera establecer el plan de mejora hacia la empresa. Por lo que el objetivo del proyecto fue diseñar e implementar un procedimiento que permitiera organizar y desarrollar de forma eficiente los procesos, para ello, lo dividió en tres fases, la primera se enfocaría hacia el análisis del cumplimiento de

objetivos, la segunda hacia la evaluación del avance de la gestión de procesos y la tercera hacia el plan de acciones, determinando al final de su investigación que el área de servicios técnicos sería el primer punto de procesos a ser mejorado, reduciendo las causas principales que influirían en el mal funcionamiento de sus operaciones generales.

El análisis y reestructuración de procesos enfocado en la satisfacción del cliente es de vital importancia para lograr tener un servicio de primera y con altos índices de rendimiento.

Asanza y Carrera (2016) en su trabajo de investigación de posgrado realizan un análisis y reestructuración en los procesos comerciales de diez empresas eléctricas con la finalidad de reducir el incumplimiento de los objetivos institucionales por lo que el interés central de sus investigación fue analizar el cumplimiento de las metas comerciales e institucionales logrando la satisfacción de los clientes, a partir de eso, recolectan información empleando formularios de diagnósticos, diseño de flujogramas y desarrollo de estrategias hacia cada área comercial, logrando reducir las pérdidas en el despacho de energía y recuperando la cartera de clientes que posiblemente habrían migrado hacía la competencia.

El conocimiento de las diferentes herramientas de la gestión de los procesos es de importancia, para una adecuada gestión ayudara a cumplir con las metas y los objetivos de forma correcta y ordenada.

González (2019) dentro de su investigación enfoca la complejidad presente en el manejo de grandes cantidades de datos en los procesos administrativos por lo que presenta un conjunto de herramientas nuevas para la eficiente gestión de un centro de operaciones, el objetivo de su proyecto fue el

poder analizar la utilidad que ofrece la sobre el contexto actual en las organizaciones del sector eléctrico. Por lo que a partir de la revisión bibliográfica y el uso del método de inducción-deducción se obtienen características específicas de dichas herramientas para ser empleadas activamente en la gestión de nuevos procesos.

La implementación de las herramientas Lean Manufacturing en la optimización de los procesos operativos, garantiza que estos generaran valor y aumentara la productividad.

A diferencia de Espinal (2019), quien describe el análisis, diagnóstico e implementación de mejoras en los procesos sobre el análisis estadístico en aquellos procesos operativos realizados en terminales especializadas en la explotación de recursos minerales dando origen a su tema de investigación donde su objetivo se centra en lograr optimizar los procesos por medio de la gestión filosófica Lean que es la representación de hacer más con menos, logrando alcanzar con su implementación el aumento en la productividad, reducción de costos, incremento del nivel de calidad y mejorando la satisfacción del cliente. Además, con la implementación del sistema SMED en la nueva terminal que se encontraba en fase de construcción se lograron obtener excelentes resultados.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Como parte de la nueva estrategia de optimización de operaciones de la unidad de energía se creó el centro de operaciones viento-solar, el cual tiene bajo su responsabilidad la operación de un conjunto de parques eólicos y parques solares distribuidos en la región Centroamericana y República Dominicana. Los cuales se encuentran distribuidos como se muestra en las tablas I y II.

Tabla I. **Distribución de equipos eólicos en Centroamérica**

País	Ubicación geográfica	Núm. de aerogeneradores
Honduras	Tegucigalpa	63
Nicaragua	Rivas	22
Costa Rica	Guanacaste	113

Fuente: elaboración propia.

Tabla II. **Distribución equipos solares en Centroamérica y República Dominicana**

País	Ubicación geográfica	Núm. de centros de transformación
Honduras	Choluteca	36
República Dominicana	Guerra	11

Fuente: elaboración propia.

La centralización de las operaciones de ambas tecnologías ha generado que el personal operativo sea el responsable de gestionar la producción diaria de energía y de la generación de los reportes que integran el volumen o impacto del día en los indicadores de desempeño. Con el apoyo de la empresa se autoriza participar con el monitoreo de las acciones que se realizan diariamente por un periodo de seis meses, por lo que se logra establecer que sus procesos son realizados individualmente para cada una de las ocho plantas sin poder emplear protocolos estandarizados en sus operaciones generales, lo que genera tareas repetitivas, reprocesos, estrés y falta de atención en las operaciones en tiempo real para cada planta.

Por la falta de un estudio real para lograr alcanzar la optimización en sus procesos genera que el personal de operaciones realice un sinnúmero de reprocesos de forma constante y permanente, por lo que su proceso de operación es ineficiente.

3.1. Descripción del problema

Para finales del año 2021 el centro de operaciones es el responsable de gestionar las operaciones de los diferentes activos distribuidos en las centrales eléctricas, lo que ha representado ser una alta carga laboral, debido a que diariamente puede presentarse como mínimo 10 alarmas en la gestión de sus procesos por diferentes causas, generando así hasta 120 alarmas en un mes de operaciones, de ellas se han recibido alarmas por ausencia de mantenimientos predictivos, mantenimientos preventivos y mantenimientos correctivos, ya que los equipos eléctricos con sus equipos auxiliares instalados en cada planta demandan operación intermitente e ininterrumpida.

Debido al alto número de alarmas que se generan constantemente se ha inducido al personal operativo crear reprocesos y fallas en la categorización de los informes, al presentarse dichos inconvenientes sus indicadores de calidad (KPI) se ven afectados de forma directa, se obtuvo acceso a un informe de evaluación donde se presenta una desviación de 0,53 % del promedio de sus valores reales. Por lo que el estudio de optimización buscará reducir el mínimo aquellos reprocesos generados actualmente e incrementar el factor de productividad para lograr mejorar sus KPI's positivamente.

3.2. Formulación del problema

Se presenta la formulación del problema.

3.2.1. Pregunta central

¿Cómo poder optimizar los procesos del centro de operaciones viento-solar ubicado en el Cantón de Tilarán-Costa Rica por medio de la implementación de metodologías de productividad?

3.2.2. Preguntas auxiliares

- ¿Cómo identificar los reprocesos y los KPI que son afectados en el proceso actual?
- ¿Qué estándares deben implementarse para lograr que los reprocesos sean eliminados?
- ¿Qué KPI's se verán afectados de forma positiva con la optimización de los procesos?

3.3. Delimitación del problema

La identificación de procesos cuyos reprocesos generan influencia directa en los KPI se podrá realizar mediante la revisión de los registros mensuales con los que cuenta el centro de operaciones, dichos registros serán revisados con los datos que se almacenan en el software de gestiones y de control de las actividades diarias.

Luego de concluir el diagnóstico correspondiente de la información y datos accesibles del centro de operaciones, se presentará mediante un formato A3 (para la metodología Lean Manufacturing) los hallazgos y las metodologías que serán propuestas para llegar a ser implementadas, todo ese conjunto de actividades y acciones se realizará físicamente en el centro de operaciones ubicado en el cantón Tilarán de la provincia de Guanacaste, Costa Rica.

4. JUSTIFICACIÓN

El presente trabajo de graduación se desarrolla en la línea de investigación de optimización de operaciones y procesos de la maestría en gestión industrial de la Universidad de San Carlos de Guatemala, con el propósito de estandarizar y optimizar los procesos operativos del centro de control viento-solar, dentro de su gestión de operaciones carecen de estándares en sus procesos por lo que se generan constantes reprocesos que logran impactar en los índices de productividad como en la ineficiencia de la gestión de activos, reportes y análisis de variables de las plantas eólicas y solares.

El desarrollo de la estandarización en sus procesos operativos reducirá la recategorización de las alarmas repetitivas y de su incorrecta gestión en las ordenes de trabajo, ampliando el tiempo necesario para el monitoreo de los activos y en el análisis de variables de las diferentes plantas, logrando de esa forma promover un modelo de mejora sobre las operaciones en tiempo real, reduciendo al mínimo la generación de registros manuales y que toda esa información pueda ser extraída exclusivamente del software empleado para la supervisión, control y adquisición de datos (SCADA). Los criterios y herramientas para el desarrollo de su estandarización serán por medio de los conocimientos impartidos en el curso de Ingeniería de la Productividad.

Los beneficios esperados al optimizar los procesos serán: reducción de tiempo por paros inesperados en los aerogeneradores y las plantas eléctricas, los procesos de operaciones serán ordenados y precisos, las emisiones de CO₂ podrán ser menores ya que se optimizará el tiempo del uso de generación verde por lo que la tarifa de despacho podría ser estable beneficiando de forma

directa a los consumidores. La pertinencia que se busca, es lograr que los procesos serán ágiles y generar mayor valor. Logrando que la productividad sea alta y conforme su crecimiento en la gestión de operaciones de las diferentes plantas su integración sea ágil y eficaz, esperando ser así, un modelo para la implementación del centro de operaciones que opte por unificar las tecnologías eólicas y solares de forma conjunta.

El beneficio social que se pretende obtener con la optimización de los procesos es el poder impactar directamente en el costo de la electricidad despachada hacia la región norte de Costa Rica específicamente en Guanacaste, ya que al poseer una gestión ordenada y eficiente sobre sus activos se reducirán las variables no controladas que impactaban en el desempeño final del día, esperando así, reducir los paros inesperados por fallas temporales o por grandes fallas dejando inoperables líneas de equipos, disminuyendo de tal forma las pérdidas de energía limpia y de bajo costo, al mismo tiempo incrementando la rentabilidad del bien.

5. OBJETIVOS

5.1. General

Generar un modelo para la optimización de los procesos del centro de operaciones viento-solar ubicado en el Cantón de Tilarán-Costa Rica por medio de la implementación de metodologías de productividad.

5.2. Específicos

- Realizar un diagnóstico del proceso actual para la identificación de las actividades de reproceso y los KPI para generar valor al proceso actual.
- Desarrollar los estándares que deben implementarse para el logro de eliminación de los reprocesos.
- Evaluar los KPI's que se verán afectado de forma positiva con la optimización de los procesos desarrollados.

6. NECESIDADES POR CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN

Actualmente el centro de operaciones en Tilarán tiene bajo su responsabilidad la operación y control de los parques eólicos y solares de la región centroamericana y del caribe, de cada planta se generan paquetes de datos informáticos masivos por cada 24 horas transcurridas.

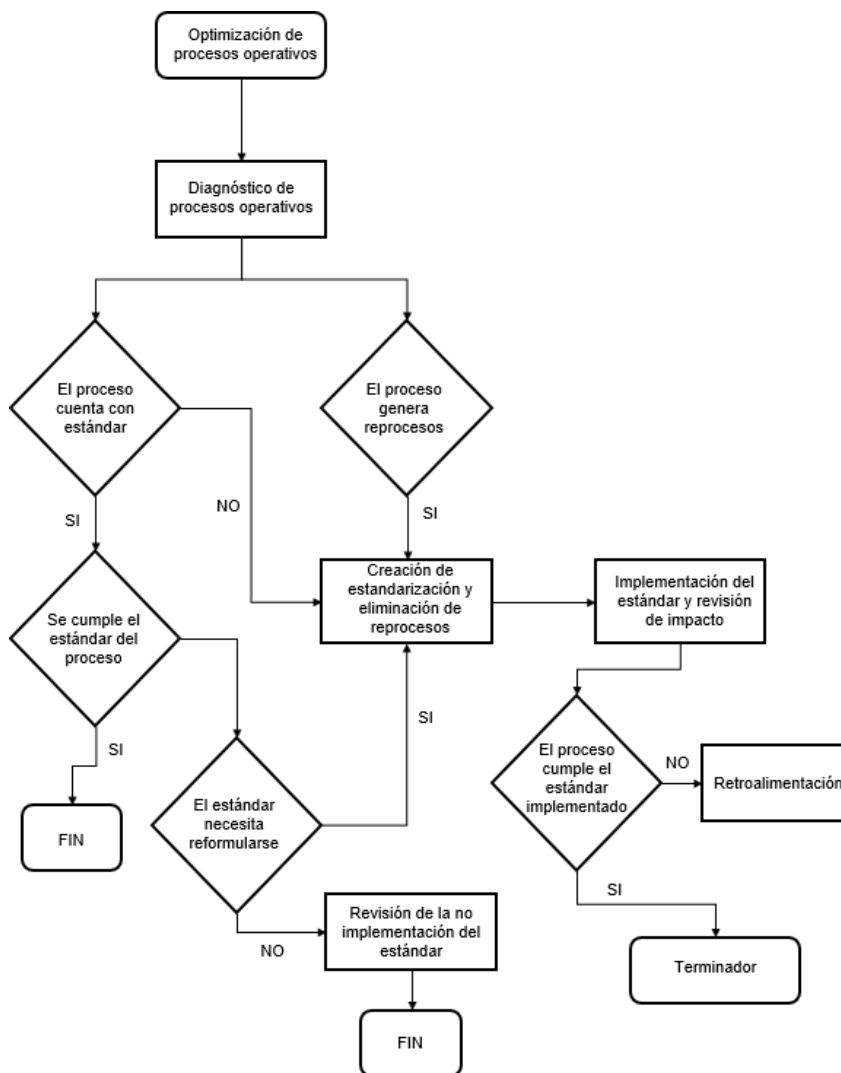
La información está siendo recibida en Costa Rica y almacenada de 2 formas distintas, la primera es en archivos de Excel y la segunda en software de análisis y de control SCADA, por lo que se generan dos canales de información, donde se ha detectado que los tiempos de los eventos denominados fallas presentan discordancia y con tipificación de categorías diferentes, haciendo que ambos registros generan diferente información alimentando erróneamente los KPI que monitorean la eficiencia, disponibilidad, productividad, pérdida de energía y energía generada. La información percibida en el centro de operaciones genera incerteza en la gestión y operación de las plantas eólicas y solares.

La revisión de las variables de los equipos como la temperatura y las vibraciones no son realizadas sistemáticamente o por medio de un cronograma de revisión mensual por lo que cada integrante de mantenimiento realiza diferentes actividades para el monitoreo de sus equipos, de la misma forma que el proceso de traslado de la información.

6.1. Esquema de solución

Se presenta el diagrama de acciones y tareas dentro del esquema de solución.

Figura 1. Esquema de solución



Fuente: elaboración propia.

7. MARCO TEÓRICO

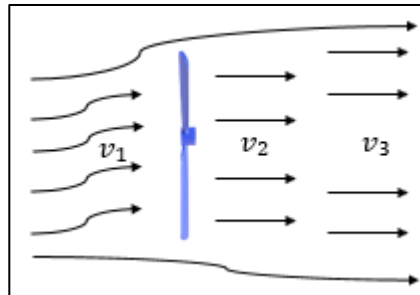
7.1. Generación de energía con tecnología eólica

A nivel global se han presentado diferentes retos sobre el uso responsable de combustibles fósiles, por lo que se desarrollaron métodos alternativos para generación de energía limpia con el aprovechamiento de energías renovables, las energías renovables se pueden reconocer como aquellas presentes en el medio ambiente donde no intervenga el ser humano para su generación, siendo sus mejores precursores el viento, la luz solar y el aprovechamiento de energía cinética de medios acuosos.

Aquella energía cuyo origen o fuente sea el aire o viento puede ser considerada energía eólica, por lo que el autor Arenas (2013) considera que la energía eólica es un resultado indirecto de la puesta del sol, ya que al calentar masas de aire genera el incremento de la presión atmosférica, de tal forma que se obtiene un desplazamiento de masas hacia zonas con menor presión. De ese proceso natural se obtiene el efecto de generación de vientos los cuales poseen energía cinética que al estar en contacto con los aerogeneradores pueden generar energía limpia para producir energía eléctrica.

Continua agregando que aquella fuerza ejercida sobre una pala de un aerogenerador será el resultado de una acción física llamada velocidad relativa del aire, la velocidad relativa será la composición de la velocidad de giro de la propia pala en función de la velocidad del viento, por lo que, la fuerza producida final será la fuerza de sustentación, dicha fuerza se obtiene sobre la normal de la velocidad relativa y de la fuerza de arrastre.

Figura 2. **Ataque del viento hacia un aerogenerador en movimiento o en estado de reposo**



Fuente: elaboración propia.

De la gráfica anterior se realiza la presentación visual de como el viento realiza el ataque frontal hacia la hélice del aerogenerador, dependerá de la programación del centro de control en graduar el freno central para dejar en movimiento libre o si se encuentra en mantenimiento quedará estacionario sin oportunidad de rotación.

Por lo que Watt (2014) desarrolla un conjunto de ecuaciones para lograr obtener valores o datos numéricos generados por el viento y su potencia, expone que una masa de aire en movimiento con una determinada velocidad tendrá por resultado energía cinética, según la siguiente ecuación.

Ecuación para energía cinética

$$E = \frac{1}{2}mv^2 \quad (\text{Fórmula 1})$$

Donde

E = energía.

m = masa

v = velocidad

Además, indica que de ese bloque de aire se extraerá una determinada potencia la cual dependerá de la velocidad con que está siendo desplazada para un determinado instante, que en ámbito eléctrico se puede entender como la potencia del viento que puede ser representada por la derivada de la energía y esta dependerá de la variación de una masa por cada instante transcurrido.

Ecuación para potencia de viento, se establecerá la diferencia de la masa del bloque de aire.

$$P_{viento} = \frac{dE}{dt} = \frac{1}{2} \left(\frac{dm}{dt} \right) v^2 \text{ (Fórmula 2)}$$

Donde

P_{viento} = potencia del viento.

E = energía

m = masa

v = velocidad

t = tiempo

De la ecuación anterior se genera un nuevo principio, donde se establecerá que la diferencia de la masa del bloque de aire en contacto con las aspas para un determinado instante estará dependiendo de su densidad, su área y la velocidad instantánea según la siguiente ecuación.

Ecuación del despeje de la densidad del aire.

$$\frac{dm}{dt} = \rho A \frac{dy}{dx} = \rho A v \text{ (Fórmula 3)}$$

De la ecuación anterior, el autor concluye que la potencia del viento quedará en función de la densidad del aire, así como de la velocidad del viento de ataque y del área del bloque de aire total, por lo que se genera la siguiente ecuación.

Ecuación de potencia del viento

$$P_{viento} = \frac{1}{2} \rho A v^3 \text{ (Fórmula 4)}$$

Por lo que, a mayor área de la masa que ataca el aerogenerador, mayor será la potencia posiblemente extraíble, de tal razón que eso justifica las dimensiones de las aspas y su estructura general.

Continua agregando Watt (2014), que la extracción de la energía del viento en un aerogenerador puede definirse con la siguiente ecuación.

Ecuación de energía extraíble

$$E_{extraible} = \frac{1}{2} m (v_1^2 - v_3^3) \text{ (de la figura 2) (Fórmula 5)}$$

Ecuación de potencia extraíble

$$P_{extraible} = \frac{1}{2} m (v_1^2 - v_3^3) \text{ con } m = \frac{dm}{2} m (v_1^2 - v_3^3) \text{ (Fórmula 6)}$$

De las dos ecuaciones anteriores Watt (2014) indica que no podrá existir una eficiencia ideal extraíble del 100% de la potencia del viento, esto se debería a poder alcanzar un valor de $V_3=0$, y que provocaría armónica continua sobre el flujo del aire, generando directamente una masa igual a 0 ($m=0$), de lo cual el

autor concluye que se generaría una detención total del bloque de aire y cero potencia extraída.

Dicho eso, se puede reconocer que la potencia extraída del aerogenerador podría establecerse por la diferencia de la masa del aire que incide directamente en el rotor, logrando relacionar la velocidad del viento con la siguiente ecuación.

Ecuación de potencia extraíble

$$\frac{dm}{dx} = \rho AV^2$$

$$P_{extraible} = \frac{1}{2} \rho AV_2 (v_1^2 - v_3^3) \text{ (Fórmula 7)}$$

Por lo que de la ecuación VII Watt (2014) establece que deberá existir una V_2 óptima sobre el eje, con esa velocidad se deberá maximizar la extracción de la potencia generada por el viento incidente. Por lo que la V_2 puede ser expresada en función de la V_1 y de la velocidad final post extracción V_3 . V_2 corresponderá al promedio presente de V_1 y V_3 , por lo que la potencia extraída se puede expresar con la siguiente ecuación.

Ecuación de potencia extraíble

$$P_{extraible} = \frac{1}{2} \rho V_2 \left(\frac{v_1^3 - v_3^3}{2} \right) (v_1^2 - v_3^3)$$

$$\frac{v_3}{v_1} = \frac{1}{2} \left[\left(1 + \frac{v_3^3}{v_1^3} \right) \left(1 + \frac{v_3^2}{v_1^2} \right) \right] \text{ (Fórmula 8)}$$

De la ecuación anterior, el autor refiere que la máxima potencia extraída puede obtenerse de la razón matemática $\frac{v_3}{v_1} = \frac{1}{3}$. Por lo que se obtendría un valor del coeficiente de poder C_p betz igual a 59 %, lo que significaría que un aerogenerador o turbina eólica podría convertir energía mecánica como máximo un 59 % obtenido por la energía cinética del viento.

Para finalizar Watt (2014) indica que el coeficiente aerodinámico para las aspas del aerogenerador que será afectado por las fuerzas de arrastre o de empuje que dan origen a la rotación sobre el eje mecánico del aerogenerador podría ser de 0,5, de tal forma que su eficiencia en las turbinas incrementaría y por lo tanto se podría reducir el costo de fabricación.

7.2. Generación de energía con tecnología solar

La generación de energía por medio del uso y aprovechamiento de tecnología solar posee su origen en la captación de radiación electromagnética proveniente del sol, por lo que Carless (2015) expone que diversas perturbaciones en la radiación solar incide que se trayectoria sea asimétrica sobre la superficie en el planeta tierra, por lo que se adquiere radiación de forma directa y difusa, la primera es captada directamente en dirección al sol, la segunda puede ser absorbida o aprovechada por procesos de reflexión.

Que dicha energía fotovoltaica puede ser recolecta a través de módulos, colectores fotovoltaicos o paneles los cuales deberán estar conformados por dispositivos semiconductores, que posteriormente transformarán la ración solar en energía eléctrica. Durante este proceso se aprovechan los recursos naturales, se reducen la emisión de contaminantes hacia el medio ambiente por lo que se genera energía limpia que en países desarrollados les llaman energías verdes.

Para Velásquez (2011) en su trabajo, señala que la fuente de energía solar es una energía solar fotovoltaica por su forma de captación a través de paneles fotovoltaicos. El autor agrega, que el proceso consiste en emplear módulos o paneles fotovoltaicos que deberán estar conformados por dispositivos semiconductores y que al recibir radiación solar generan saltos electrónicos por lo cual se induce voltaje en sus extremos, generando energía eléctrica a bajos voltajes pero en corriente continua, esta se transforma con el uso de un inversor hacia corriente alterna, que posteriormente necesitará de un centro de transformación para elevar el voltaje y poder ser inyectada hacia la red eléctrica disponible.

Que la conexión de un conjunto de módulos representará una central fotovoltaica, esta podrá estar conectada a un sistema nacional interconectado o simplemente a un sistema aislado, los usos finales comunes serán para comercialización o para autoabastecimiento. Luego de que se conozca la función del diseño original será necesario poder seleccionar el tipo de panel para el módulo de operación, los de común uso que presentan mayor ventaja económica junto a la eficiencia son los policristalinos o amorfos y los monocristalinos, estos pueden ser configurados para optimizar la potencia a generar.

Es importante establecer los parámetros de estandarización empleados en la clasificación de potencia o también llamada potencia pico, eso corresponde a la potencia máxima entregada por el módulo bajo condiciones estandarizadas de operación, de donde define que la radiación solar estaría fijada en 1000 W/m^2 y con una temperatura de célula en $25 \text{ }^\circ\text{C}$ bajo condiciones controladas en su temperatura ambiente.

Según Velásquez (2011) los paneles solares fotovoltaicos pueden brindar un rendimiento del 12 % al 18 % respecto del horario de medición, dichos paneles suelen ser montados en estructuras giratorias con sistemas de control y sensores giratorios, por lo que producen el seguimiento de la trayectoria solar obteniendo el mayor aprovechamiento de este. Además, indica que una de varias ventajas de dicho sistema, es por la amortización del producto final, ya que se estará generando energía limpia y de bajo costo de producción, pero a largo plazo, con el uso de los paneles fotovoltaicos se pueden reducir hasta en un 60 % los costos de electricidad y de climatización, el autor indica que la vida útil de los módulos puede superar los 20 años de uso.

Tabla III. **Datos para calcular una instalación fotovoltaica**

ITEM	Valor
Horas luz por día	5 h/d
Días de autonomía	8
Potencia panel disponible	230 Wp
Eficiencia del inversor	0,94
Eficiencia regulador + batería	0,88
Eficiencia batería + profundidad de descarga	0,4
V – batería – trabajo	12,4 Vdc
V – batería – disponible	12 Vdc

Fuente: Pinzón (2015). *Gestión del mantenimiento basado en confiabilidad para centrales eléctricas.*

Para el diseño de una granja fotovoltaica será necesario emplear un conjunto de ecuaciones, por medio de las cuales se podrá determinar el equipo

fotovoltaico por capacidad, cantidad y valores técnicos específicos, se presentan las ecuaciones necesarias que según la demanda pueden ser utilizadas. Además, será necesario poseer como mínimo el consumo energético teórico para lograr calcular el consumo energético real.

Ecuación de cálculo de consumo energético real

$$Ed = \frac{Et}{R} \text{ (Fórmula 9)}$$

Donde

Ed = consumo energético real.

Et = energía teórica.

R = parámetro de rendimiento global de la instalación.

Ecuación de parámetro de rendimiento total

$$R = (1 - Kb - Kc - Kv) * \left(1 - \frac{Ka * N}{Pd}\right) \text{ (Fórmula 10)}$$

Donde

R = parámetro de rendimiento global de la instalación.

1 = constante.

Kb = coeficiente de pérdidas por rendimiento del acumulador, de donde 0,05 puede ser empleado en sistemas que no demanden descargas intensas y 0,1 para sistemas con descargas profundas)

Kc = coeficiente de pérdidas en el convertidor, de donde 0,05 puede ser empleado para convertidores senoidales puros con régimen óptimo y 0,1 bajo otras condiciones de trabajo, lejos del óptimo.

Kv = coeficiente de pérdidas varias, que en si agrupa las pérdidas del rendimiento de red, perdidas del efecto Joule entre otras y sus valores pueden ser de 0,05 a 0,15 como valores de referencia.

Ka = coeficiente de autodescarga diaria, sus valores pueden ser 0,002 para baterías de baja autodescarga Ni-Cd, 0,005 para baterías estacionarias de Pb-ácido y 0,012 para baterías de alta autodescarga.

N = número de días de autonomía de la instalación, sus valores pueden ser de 4 a 10 días como valores de referencia, dependerá de cada proyecto.

Pd = profundidad de descarga diaria de la batería, la cual no deberá exceder el 80 % de la referencia de la capacidad del acumulador.

Ecuación del cálculo de la capacidad del banco de baterías en Ah.

$$C = \frac{E*N}{V*Pd} \text{ (Fórmula 11)}$$

Donde

C = capacidad del banco de baterías en Ah.

E = energía diaria en W.

N = número de días de autonomía de la instalación.

V = voltaje nominal del acumulador.

Pd = profundidad de descarga.

Ecuación del cálculo del número de paneles solares

$$Np = \frac{E}{0,9*Wp*HPS} \text{ (Fórmula 12)}$$

Donde

N_p = número de paneles solares.

0,9 valor constante.

E = energía diaria en W.

W_p = potencia pico del panel.

HPS = horas de pico solar

Ecuación del cálculo del factor de utilización

$$F_i = \frac{\text{Energía disponible}}{\text{Energía consumida}} \quad (\text{Fórmula 13})$$

Donde

F_i = factor de utilización

Energía disponible = $N_p * 0,9 * W_p * HPS$.

Energía consumida = E .

Ecuación del cálculo de la máxima intensidad nominal

$$I_{max} = I_{cc} * N_p \quad (\text{Fórmula 14})$$

Donde

I_{max} = máxima intensidad nominal a la que trabaja el regulador.

I_{cc} = intensidad de corto circuito de cada panel obtenida del catálogo.

N_p = número de paneles.

Este conjunto de ecuaciones deberá formar parte de un proyecto de granja fotovoltaico donde se emplearán paneles solares, la disposición y elevación del terreno es otro factor que representa mayores ventajas en el aprovechamiento de la radiación solar, es importante que cada diseño por sencillo o pequeño que

sea pueda incorporar un estudio topográfico como análisis paralelo para obtener un panorama general de la estabilidad del suelo y subsuelo.

7.3. Gestión de activos

La gestión de activos para Sánchez (2012) representa el poder analizar la participación de aquellos procesos involucrados en el aprovechamiento de recursos físicos como maquinas, equipos y herramientas, por medio de los cuales se obtengan diferentes beneficios, pero que a su vez posean una gestión funcional de mantenimiento conformada por procesos vitales bajo la regulación de paradigmas avanzados, reduciendo la probabilidad de escenarios inesperados que abruptamente interrumpan la continuidad de las operaciones, ya que su fin primordial es alcanzar la sostenibilidad operativa y la competitividad.

Además, Gómez (2013) señala que la metodología objetiva, documentada y análisis sistemático puede ser aplicado hacia cualquier tipo de instalación con categoría industrial, siendo útil para su desarrollo en la gestión de optimizar el plan de mantenimiento, por lo cual se deberá analizar cada sistema ya en vigencia que conforme las debilidades encontradas se podrán demostrar las fallas funcionales que originan daños en los equipos estacionarios y no estacionarios, así mismo, concluye que los efectos de cada una de las fallas registradas puede ser clasificada de acuerdo a la severidad del impacto en sus operaciones, en los efectos finales sobre la seguridad industrial y de extrema relevancia sobre los costos de producción.

7.3.1. Gestión de activos por fallas

Es importan reconocer la causa y el problema original que provoca la falla en un equipo o en un sistema interconectado con varios equipos, por lo que Pinzón (2015) señala que una gestión eficiente donde el mantenimiento preventivo pueda ser la herramienta latente para garantizar la continuidad en las operaciones de un determinado equipo es el resultado de lograr desarrollar los mecanismos de fallas o de las causas de las fallas conforme una descripción secuencial ordenada de los eventos transcurridos hacia la catástrofe final ocurrida, por lo que, eso podrá describir claramente el modo de la falla en los activos que finalmente puede ser reconocida como la causa raíz de los problemas.

Agrega Pinzón (2015) que el modo de falla detectado en la gestión de los activos deberá ser lo suficientemente claro y detallado para poder así seleccionar una adecuada estrategia en la preparación del mantenimiento correctivo que posteriormente puede ser la base del mantenimiento preventivo, reduciendo así el tiempo de preparación de los equipos y de los procesos de análisis.

7.3.2. Gestión de activos por eventos asociados

La relación causal permanente entre los activos en operación y su programa de mantenimiento posee una relación directa con el sistema técnico de sus operaciones diarias para toda empresa productiva, de esa forma Pérez (2016) plantea que la gestión de los activos posee una incidencia u origen entre los eventos que se realizan a diario y el tiempo no programado en el monitoreo de los equipos. Por lo que el autor plantea 3 principios básicos que podrían ser

empleados en el aprovechamiento de los recursos y así reducir aquellos eventos asociados a la gestión de los activos.

- El primer principio para Pérez (2016) consistirá en evaluar las fallas residuales con historial previo, para analizar aquellas consecuencias que fueron ligadas o asociadas a un equipo o al siguiente proceso.
- El segundo principio para Pérez (2016) se centra en analizar la optimización del mantenimiento por medio de la gestión de políticas y revisiones preventivas, además de crear un inventario mínimo de los repuestos que presentan mayor demanda en los equipos.
- Por último, Pérez (2016) establece que para lograr alcanzar el mejor proceso de mantenimiento el personal de mantenimiento o los mecánicos responsables deberán tener el conocimiento claro de las operaciones de los equipos a su cargo, de tal forma que se puede realizar el conjunto de análisis sobre las fallas de estos.

7.4. Automatización industrial

La importancia del uso y del aprovechamiento de la tecnología demuestra ser una herramienta eficiente donde se pueda prescindir de un volumen general de recurso humano y que se puedan transferir ciertas acciones o actividades de operaciones rutinarias hacia un sistema automatizado por medio del control total de software y equipos de computación, concentrando un conjunto de operaciones mayores que podrá ser exclusivamente monitoreado por una o dos personas.

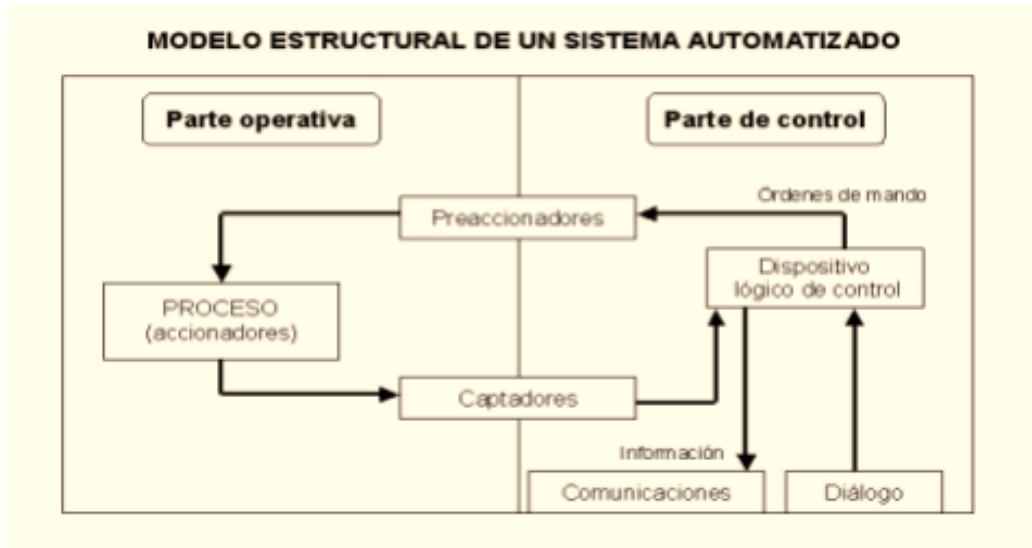
De tal forma que García (2018) defina que la automatización industrial es una técnica derivada de la automatización digital, por medio de la cual agrupa sistemas automáticos, transformación de procesos, donde se relaciona estrechamente con la teoría de la información recolectada de un determinado proceso o evento de interés, así como del modelado estadístico y de la adición de técnicas de ingeniería, es importante para el autor reconocer que la automatización industrial no se puede limitar a la programación de un determinado número de equipos o procesos, ya que el sustituir la mano de obra por aprovechamiento de robótica en general alcanzaría el objetivo principal.

7.4.1. Definición de automatización

Santiago (2014) expresa que la definición de automatización estará correlacionado a la disminución de la presencia humana en determinados procesos constructivos, donde puede ser sustituido por el desarrollo de sistema electrónicos, computarizados y mecánicos, con el objetivo de controlar y optimizar el tiempo destinado hacia la producción alcanzado niveles de eficiencia continua.

Además, agrega Santiago (2014) que la automatización puede estar compuesta por una parte de control numérico y por otra parte operativa, ambas estarán a cargo de coordinar las actividades destinadas para un determinado proceso, donde se adiciona la gestión de la calidad, la supervisión y la gestión del recurso humano. Como se muestra en la figura 3.

Figura 3. Esquema de la automatización industrial

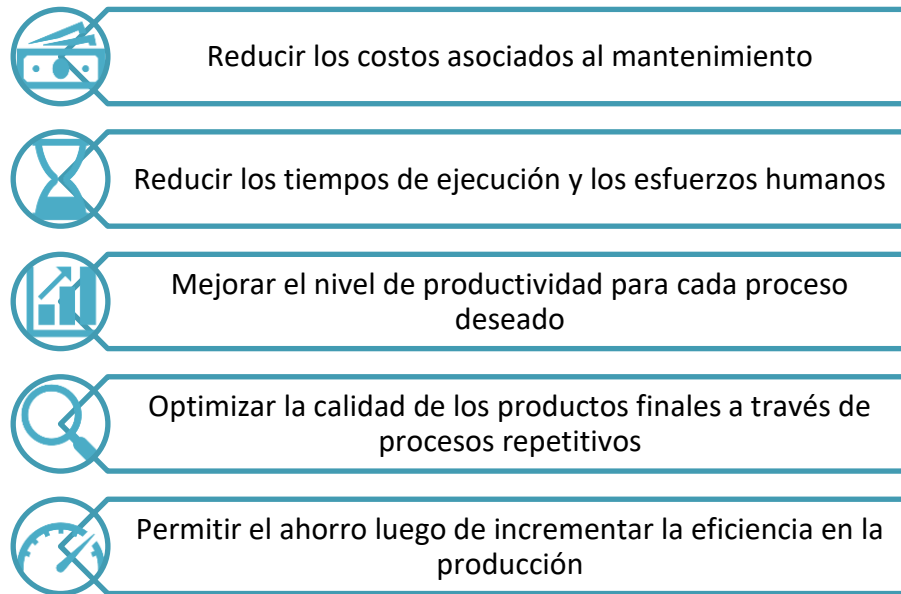


Fuente: Santiago (2014). *Administración de operaciones, conceptos y casos contemporáneos*.

7.4.2. Características de la automatización industrial

Para Nuchera (2014) la intención de la mejora continua empleando modelos eficientes que permitan incrementar las ganancias económicas y optimizar los ajustes de las líneas de producción empleando la automatización industrial generará un conjunto de características especiales que en conjunto impulsarán los mecanismos donde se reducirá la permanencia del recurso humano. Como se muestra en la figura 4.

Figura 4. **Características de la automatización industrial**



Fuente: Nuchera (2014) *La gestión de la tecnología como factor competitivo*.

Las características asociadas a la automatización industrial generan diferentes panoramas a evaluar para diferentes escenarios en los procesos productivos de energía, ya que el uso del personal será hasta el momento algo dispensable para realizar aquellas tareas que requieren la presencia humana.

7.5. Niveles de automatización

Según Mora (2015) al referirse a niveles de automatización se realiza una condición especial donde se permite expresar la concepción de un proceso que estará condicionado por factores tecnológicos y económicos, que dependiendo de la situación original estará enfocada hacia poder alcanzar los objetivos deseados del proceso productivo en función. Por lo que, la automatización estará reconocida en aquella ejecución de determinadas necesidades de una

empresa, condicionada por un factor económico que esperaría un retorno sobre su inversión de determinado proyecto.

7.5.1. Nivel elemental

Mora (2015) expresa que dicho nivel hace referencia hacia un determinado proceso asignado a un equipo o maquinaria sencilla, que dentro de un proceso se le asignen tres tareas sencillas, la primera de ellas es la vigilancia del proceso, por medio de la cual se puedan generar reportes en tiempo real, la segunda tarea es el mando de la operación, configurando los detalles específicos de cada tareas a realizar y por última, la creación de la guía de operaciones realizadas con factor de calificación buena o mala, para que así se evalúe el resumen de dicho procesos y determinar si presento fallas o no.

7.5.2. Nivel intermedio

Mora (2015) que el nivel intermedio es aquel que corresponde a la asignación del monitoreo de procesos y realización de diferentes tareas a un conjunto de equipos o maquinarias elementales, también pueden ser incluidos equipos o maquinas complejas, dentro de este determinado nivel destaca el dominio clásico de la automatización industrial.

7.5.3. Ventajas y desventajas de la automatización industrial

Para finalizar Mora (2015) establece que la automatización industrial bajo condiciones especiales de configuración compleja o básica puede generar mayores ventajas económicas que desventajas en sus procesos, su percepción podría ser medido con medios digitales sobre la recolección de datos que permita relacionar el incremento de los resultados positivos para un

determinado periodo de evaluación, y que, a mayor tiempo de operación se deberán remarcar diferentes ventajas o desventajas donde podría hacer una evaluación total. Como se muestra en la figura 5.

Figura 5. **Ventajas y desventajas de la automatización industrial**



Fuente: Mora (2015). *Indicadores de la gestión de automatización: los indicadores claves del desempeño automatizado.*

7.6. Centro de operaciones viento-solar Guanacaste, Costa Rica

El centro de operaciones en Costa Rica es el resultado de una fusión de inversionistas, que compartían un ideal, el producir energía sin combustibles fósiles y con cero emisiones de contaminantes, ya que las legislaciones de ese país se rigen en el aprovechamiento de sus recursos naturales, sancionando

drásticamente a aquellas empresas que incumplan sus reglamentos por emisión de contaminantes hacia el medio ambiente.

Actualmente el centro de operaciones es el responsable de gestionar las diferentes operaciones de los activos interconectados a las centrales monitoreadas, de donde se reconocen elementos de generación distribuidos en Honduras, Nicaragua, Costa Rica y República Dominicana, que en total suman 208 aerogeneradores y 63 centros de transformación fotovoltaica.

7.6.1. Historia

Su fundación se remonta a 10 años atrás, su propósito principal es el poder proveer a las comunidades cercanas en un radio no mayor de 10 kilómetros servicio de energía eléctrica, garantizando la continuidad del flujo del servicio, mejorando las condiciones de vida de la región, impulsando el desarrollo industrial para aquellas empresas que demandaban dicho servicio, además se compromete desde su fundación en la preservación, manejo responsable y cuidado del medio ambiente.

7.6.2. Planificación

Para su planificación se basan en modelos establecidos desde su fundación, ejecutando así las tareas diarias conforme las situaciones que se van presentando, en el monitoreo de las plantas se reciben alertas continuamente por lo que es necesario despachar personal de mantenimiento para solucionar la falla o poner en marcha aquel equipo que se haya detenido, su planificación presenta inconsistencias generales, además de ausencia de programación de tareas diarias asociadas al mantenimiento preventivo de sus

aerogeneradores, a diferencia de los paneles fotovoltaicos que su programa de mantenimiento es mínimo considerando sus atributos como equipo operativo.

7.6.3. Gestión de recurso humano

En el centro de operaciones se posee el mínimo recurso humano, ya que su gestión como tal es la del monitoreo y centralización de datos, la administración recientemente ha evaluado o considerado la opción de gestionar desde ese punto el diseño y la programación de los mantenimientos hacia los aerogeneradores y de los paneles fotovoltaicos, por lo que se extenderían algunas tareas cotidianas para el responsable del monitoreo. El recurso humano posee una estructura organizacional y la descripción de sus puestos, respetando sus atributos conforme los puestos asignados.

7.6.4. Clientes principales

El mayor índice de consumidores del servicio prestado por este centro de operaciones se conforma por residencias domiciliarias conformados por 3 a 5 integrantes, seguidamente por industria media donde pueden trabajar con textiles y orfebrería, la región posee un buen volumen de industria agrícola demandando el servicio para accionar bombas de riego, equipos de bombeo de agua, iluminación a cielo abierto, entre otros. Sus clientes demandan flujo continuo en el servicio eléctrico para evitar picos de corriente que arruine sus equipos domiciliarios o equipos industriales, por lo que el esfuerzo es constante.

7.7. Procesos operativos en un centro de operaciones de potencia

Es importante reconocer que los procesos requeridos en un centro de operaciones se basan en la regulación de equipos e instrumentos

interconectados para lograr generar energía eléctrica, por lo que Vico (2013) establece que es básico reconocer el módulo regulador/inversor, el cual posee la interfaz programable desde un equipo de computación, los procesos se conformarán por la revisión periódica y el control total del comportamiento de los datos generados por los aerogeneradores o por las granjas de paneles fotovoltaicas.

Usualmente un centro de operaciones trabaja en condiciones automatizadas, siendo libres de variaciones manuales o toma de decisiones abruptas por el responsable en turno, todas las acciones y sus procesos se reducirán al monitoreo y evaluación de datos generados, si un aerogenerador marca alerta por rangos de velocidad variantes el regulador que se encuentra en modo automático proveerá la acción correctiva programada, si existe una desconexión automática se podrán evaluar dos condiciones, la primera se generará si el aerogenerador posee bajo volumen de viento provocando un modo off, la segunda se presentará si el aerogenerador ha sido manipulado manual y físicamente desde su punto de generación y se le ha colocado un freno total.

Los procesos operativos son programados por expertos desarrolladores del software que monitorea cada una de las gestiones que se realizan en tiempo real, limitando al responsable del turno a monitorear, evaluar y gestionar tareas correctivas si fuese necesario, de lo contrario brindará informes constantes sobre los valores alcanzados de energía generada, energía despachada y recuento total de alarmas por fallas de mantenimiento.

7.7.1. Características principales

Para Vico (2013) es importante el reconocer que los procesos operativos como tal son tareas automatizadas, con el uso de los programas se simplifican las tareas diarias del operador, ya que el diseño original del un centro de operaciones se basará en posibles escenarios con baja demanda, baja productividad y detención por emergencias de los aerogeneradores, para los parques solares generan alarmas por baja intensidad lumínica.

Por último, hace mención que sus características principales es la baja participación del recurso humano en las operaciones, la gestión eficiente en la captación de datos por producción en tiempo real, apoyo sistemático conforme la programación del software de apoyo y uso de decisiones programadas ante escenarios complejos

7.7.2. Tareas y gestiones diarias

Al presentarse al cambio de turno o en la rotación de responsable, explica Rodríguez (2020) el responsable del centro de operaciones deberá ingresar su usuario y sus credenciales de autorización, posteriormente deberá gestionar desde el software principal la elaboración de un archivo histórico desde que inicio el turno anterior hasta el momento de cambio de turno, además deberá tomar nota y actualizar los datos de potencia actual, el recurso promedio (m/s), las fechas probables de ingreso a taller de los equipos que se encuentran con fallas, posteriormente deberá reclasificar por categoría de mantenimiento la cantidad de aerogeneradores o tableros fotovoltaicos que se encuentran en línea operando sin fallas en ese momento, luego deberá anotar el comentario detallado del trabajo realizado en un formato único para cada centro de operaciones.

7.7.3. Control de operaciones

Para Rodríguez (2020) consiste en la gestión eficiente del panel de instrumentos, evaluación de alarmas, creación de reportes por fallas, resolución de problemas según el nivel de autorización, distribución del personal de mantenimiento conforme los problemas en cada una de las plantas y por último, la generación de los reportes diarios con los detalles específicos de los hechos y eventos registrados por turno.

7.8. Planificación estratégica

Patzán (2019) propone que la planificación estratégica pueda ser reconocida como el conjunto de acciones derivadas del establecimiento de objetivos específicos y de la formulación de estrategias operacionales, ambas podrán ser caracterizadas por adicionar acciones sobre el curso de las tareas cotidianas para poder alcanzar los objetivos planteados.

Además, propone que puede ser conocida como el proceso primario en una gestión de operaciones, ya que se podría gestionar el monitoreo del cumplimiento de los objetivos que hacen referencia a la misión de un determinado centro de operaciones, al ser un proceso de monitoreo y evaluación continua será necesario incorporar retroalimentación del funcionamiento de las estrategias que presentaron mayores ventajas operativas hacia los aerogeneradores y los paneles fotovoltaicos. Como se muestra en la figura 6.

Figura 6. **Proceso de planificación estratégica**

Amenazas y oportunidades	↔		Misión Visión	↔		Fortalezas y debilidades
	Análisis externo				Análisis interno	
	Político		Objetivos estratégicos		Estructura	
	Económico		Metas		Procesos	
	Social		Planes, programas, presupuestos		Funciones	
	Tecnológico				Recursos	
	Legal					
		Indicadores				

Fuente: Patzán (2019). *Guía práctica para la planificación estratégica y sus indicadores de desempeño.*

7.9. Preguntas básicas para una planificación estratégica

Campos (2015) propone que para una adecuada planificación estratégica es necesario emplear y diseñar un conjunto de preguntas que permitan formular respuestas sobre la sumatoria de los procesos que formarán las tareas diarias de una determina planta de generación de energía eléctrica. Las preguntas deberán ser formuladas por un equipo multidisciplinario responsable de las actividades futuras o de las actividades diarias que ya se encuentran en desarrollo, de lo contrario se podrán crear escenarios imaginarios donde el fin de cada pregunta no pueda formularse sobre los eventos registrados a diario.

Es importante que dentro del panel de profesionales que desarrollan estas actividades posean y puedan demostrar experiencia previa sobre la gestión de operaciones en un centro de mando despachador de energía eléctrica. Como se muestra en la tabla IV.

Tabla IV. **Formato de preguntas para una adecuada planificación estratégica**

Área de interés	Tipo de pregunta
Objetivos estratégicos	¿hacia dónde se quiere ir?
Misión	¿qué se hace? ¿quiénes son? ¿para quienes se hace?
Visión	¿de qué forma se desea ser reconocidos?
Metas e indicadores	¿de qué forma se sabe que se alcanzado las metas?
Estrategias	¿de qué forma se podrá llegar?

Fuente: Campos (2015). *Modelo de gestión de activos basados en la Norma ISO 55000 en un sistema integrado de operaciones.*

7.9.1. Misión

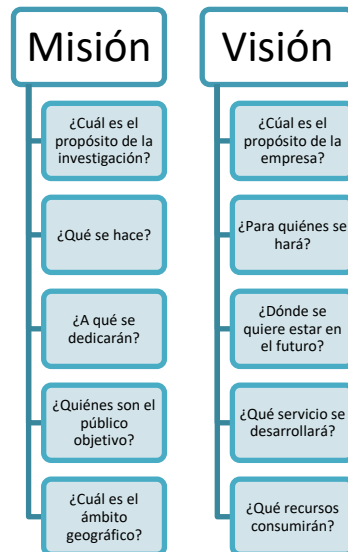
Espinosa (2014) define que la misión de un centro de operaciones generador de energía eléctrica es conocido como la declaración verbal y escrita por medio de la cual se intenta describir la razón de ser de sus funciones diarias, además de declarar los principios generales de los inversionistas, siendo así un aspecto intransferible, por lo que será reconocida una misión para cada empresa.

Continúa que la misión formal de una organización debería ser igual a la misión efectiva de la misma, generalmente una misión estará siendo redacta por su ámbito legal, conforme sus mandatos y funciones que interactúan directamente con la empresa, por lo que se podría observar un marco legal definido para el área o el sector comercial hacia donde se está enfocando el servicio final de la entidad, por lo tanto, la misión es una herramienta que permitirá brinda la imagen del servicio o el producto final generado por determinada empresa.

7.9.2. Visión

Para Espinosa (2014) la visión de una empresa u organización lucrativa ayudará a desarrollar las metas propuestas por medio de los objetivos fijados, además de reconocerse como la concepción de lo que se desea llegar a ser como empresa. La visión conforme el giro comercial ayudará a formular el carácter inspirador y motivador necesario para el recurso humano, ya que dicho entusiasmo y sus metas dependerán directamente de ella. Como se muestra en la figura 7.

Figura 7. Preguntas que deberá responder la misión y la visión para su creación



Fuente: Espinosa (2014). *La planificación estratégica y sus campos de aplicación*.

7.9.3. Objetivos estratégicos

Para la autora Toro (2016) es importante reconocer que la planificación estratégica deberá de ser consolidada y proponer diferentes objetivos mediante los cuales se permita alcanzar los logros o metas establecidas a corto plazo, a mediano plazo y a largo plazo, además incorporar al desarrollo de los mismos la reducción de costos que impacten positivamente en sus actividades diarias, por lo que los objetivos deberán de ser coherentes, cuantificables y descrito en orden jerárquico.

Además, que la integración conforme a la programación de los planes operativos de una organización influenciara en el diseño de los objetivos estratégicos, en la consolidación de la misión y muy especialmente en el plan

general de las estrategias diarias a formular, por lo que, la cantidad de los objetivos estratégicos desarrollados sería uno de los aspectos con mayor interés en su construcción, sin embargo, se puede considerar que puede evitarse el riesgo de no incorporar todos los servicios diseñados a un plan estratégico aun siendo significativos, por lo que será importante diluir los logros que se desean alcanzar.

7.9.3.1. Pasos para la definición de objetivos estratégicos

Para Armijo (2019) es importante diseñar los objetivos estratégicos desde que inicia la formulación del plan estratégico, ya que, por medio de ellos se podrá dar origen al diagnóstico de un panorama general de actividades que permitan identificar las posibles oportunidades que serán de mejor continua a la empresa o a la organización, evitan retrasos ocasionales o situaciones no evaluadas que influyan en los resultados finales de la organización.

7.9.4. Estrategias y plan de acción

Armijo (2019) expone que formulación efectiva y contractual asociada a una estrategia de operaciones adherida al plan de acción será aquella que es impulsada por los consumidores de un servicio o mejor conocidos como los clientes, por lo que conforme esa demanda se podrá determinar el mercado hacia donde la empresa en mención pueda atender tal demanda y así poder reaccionar ante los ajustes o desajustes del mercado y su entorno. Para alcanzar ese nivel operaciones se deberán proporcionar los recursos necesarios que permitan desarrollar los procesos relevantes y las competencias para cada empresa.

Además, que conforme la formulación de las estrategias y el desarrollo técnico del plan de acción es posible desarrollar el análisis de mercado por medio del cual se pueda clasificar a los consumidores de un determinado servicio o los consumidores de diferentes productos, quienes demuestren ser constantes en su demanda, repetitivos y aquellos nuevos clientes que podrían ser perfilados, para poder así identificar las necesidades del segmento de clientes que demarcarán las competencias del mercado.

Concluye que las herramientas competitivas en la gestión industrial permitirán crear el apalancamiento del refuerzo que propondrá el diseño de sus nuevos servicios o el desarrollo de nuevos productos, todo ello conforme las demandas de la segmentación del mercado de sus consumidores, influyendo en sus procesos que permanecerán anclados al plan de acción, por lo que se construirá la formulación de las estrategias y el plan de acción.

7.9.5. Indicadores de desempeño

Es necesario aplicar un pensamiento crítico y analítico, según Roca (2016) es la primera herramienta para que un indicador de desempeño generaría una larga lista de puntos críticos a evaluar o un conjunto de ideas sobre aquellas mejoras continuas que servirán a la organización de las tareas dentro de una empresa. Es importante reconocer que existirán algunas ideas justificables, de las que los supuestos beneficios podrían superar los costos de operaciones y por añadidura se reflejarán en el diseño del nuevo proceso, por lo que, el nuevo diseño en la gestión de indicadores de desempeño deberá de documentarse, es decir, se deberá justificar el diseño de la propuesta.

Dicho eso, Roca (2016) asegura que conforme se proceda en la combinación de un nuevo diseño en el proceso a mejorar conforme la

recolección de documentación actual, puede ser utilizada por el analista al que se le dará una idea clara del escenario en evaluación de un antes y un después, donde se generará una nueva documentación, dejando claro el cómo funcionará un proceso revisado y cuál será su desempeño esperado de conformidad con las distintas mediciones que fueron empleadas.

7.9.5.1. Conceptos

Ayala (2015) propone que el indicador de desempeño deberá de ser reconocido como un índice de competitividad, que pueda indicar el nivel de ejecución en el desarrollo de las metas de mercado respecto a sus competidores, dicho índice deberá de poder ser evaluado, y si el mercado se encuentra en decrecimiento o en crecimiento permitirá identificar las tendencias en la selección de sus clientes por parte de los competidores y proponer una adecuada ejecución de acciones estratégicas o acciones tácticas.

7.9.5.2. Tipos de indicadores

Para Ayala (2015) es importante conocer el giro comercial de la compañía o de la empresa en análisis, de esa forma se podría argumentar el tipo de indicador específico que permita desarrollar un ratio de medición efectivo, para poder así realizar sus ajustes cuantificables, cualificables y aritméticos, agrega, que un indicador no se establecerá por intención propia o por una suposición, el indicador deberá estar asociado hacia la acción en estudio y la función de la operación en análisis, de tal forma que se necesitará evaluar la capacidad de desempeño luego de asignar una tarea específica con un determinado propósito. Como se muestra en la tabla V.

Tabla V. **Tipos de indicadores cuantificables y cuantificables**

Enfoque del indicador	Área de interés
Calidad de los procesos y sus desempeños.	Índice de errores
	Costo interno de una falla
	Mediciones de satisfacción al cliente
	Índice de desperdicio o readaptación
Medición en tasas de producción, análisis en filas de espera, administración de restricciones.	Gastos de operación
	Tiempo promedio de espera
	Tiempo de procesamiento
	Tiempo de preparación
	Tiempo total de principio a fin
	Utilización de la capacidad
Los procesos y su distribución.	Tiempo de ciclo
	Tiempo de inactividad
	Distancia recorrida
Logístico	Tiempo promedio de espera
	Tiempo total de principio a fin
	Tiempo de preparación

Fuente: Ayala (2015). *La economía digital y el comercio electrónico, su incidencia en el sistema tributario.*

7.10. Proceso administrativo

Para Chavarría (2016) es importante reconocer las causas que generan el inadecuado proceso administrativo, donde consistirá en poder identificar factores externos y factores internos que permitan generar soluciones adecuadas sobre la gestión de sus procesos. Por lo que, al realizar análisis en

sus sistemas funcionales, sistemas operativos, sistema financiero y conforme la proyección de las metas o las proyecciones de los objetivos logrará determinar un conjunto de propuestas hacia la mejora continua.

Continua que es importante desarrollar el manual de organización administrativo, donde se establezca de qué forma se llevarán a cabo las relaciones interpersonales internas, como se deberá respetar la jerarquía del superior inmediato, posterior a eso se deberá establecer la estructura organizacional, con su descripción de puestos, denotando cuáles serán sus funciones principales, así como la descripción de sus derechos y obligaciones, todo esto es necesario para una empresa privada o para el sector público.

7.11. Productividad

La productividad no es más que la suposición de resultados eficientes sobre procesos productivos, es una de las condicionantes de Cohen (2014), que a su vez, propone que sea una etapa esencial dentro del proceso de control, expone que algunos factores pueden hacer la estimación necesaria sobre una mayor proporción de recurso humano con menor calificación sobre sus tareas asignadas respecto del total de la fuerza de mano de obra contratada, agrega que la productividad dentro de un proceso constructivo o dentro de una prestación de servicios dependerá de la actitud y del juicio de compromiso de la persona en estudio, por lo que sus capacidades estará limitadas si y solo si no desea cumplir con las tareas asignada, o si dicha persona posee actitud negativa hacia su rol dentro de la empresa, afectando así los índices propuestos para el final de un determinado periodo de evaluación.

7.11.1. Concepto de productividad

Para Cohen (2014) representa la existencia en la cantidad de un recurso material y el volumen de los recursos empleados para producir, donde interfiere la mano de obra para alcanzar las metas trazadas.

7.11.2. Factores productivos

Galloza (2020) propone que los factores de producción o también denominados insumos necesarios son aquellos recursos empleados para poder producir nuevos bienes o un determinado servicio. A estos se les puede incluir el factor capital, el recurso humano dentro del trabajo, el recurso tecnológico y el uso responsable de la tierra para su explotación. El autor concluye que los productores son aquellos que transformarán los factores de producción empleando la tecnología disponible para ofrecer bienes o servicios a sus consumidores.

7.11.3. Factores internos

Para Sánchez (2017) es importante describir a los factores internos de una empresa u organización como aquellos actores diferentes que pueden influir en los procesos productivos cotidianos, esos factores pueden ser tangibles o intangibles, además, se reconocerá como un estrato mayoritario que podría comprometer la propia organización interna y el modelo de negocio.

7.11.4. Factores externos

Sánchez (2017) expone que los factores externos no pueden ser considerados eventos controlables por la empresa, según el autor, estos

eventos sucederán en el exterior de la administración donde interactúan otro conjunto de variables entre sí, y que no pueden incidir directamente hacia el interior de la gestión de operaciones, pero que su relación es cercana y que podrán afectar directamente la planeación de las operaciones.

7.12. Herramientas de análisis de productividad

Cohen (2014) establece que es necesario recolectar datos sobre las mediciones realizadas a los procesos dentro de una organización, dichas mediciones podrán servir para analizar los procesos productivos y así lograr enfocar ciertos recursos administrativos para el diseño de mejoras graduales, también, será considerado oportuno incorporar herramientas de análisis para lograr diseñar rutas que puedan reestructurar sus procesos. Algunas herramientas que destacan para estos análisis pueden ser los diagramas de dispersión, uso del gráfico de Pareto, aprovechamiento de herramientas de control estadístico y diagrama causa-efecto.

7.12.1. Competitividad

Según Volpentesta (2016) la competitividad se puede definir como la capacidad disponible para lograr competir en determinado sector económico o productivo, intentando así, abarcar el concepto de posición relativa proyectándose frente a la competencia de la empresa con ciertas habilidades de mantener con aptitud y sostenibilidad la gestión de sus operaciones, fortaleciendo los objetivos planteados con el aprovechamiento de los recursos asignados.

Además, Volpentesta (2016) agrega que, por el grado de competitividad que exista en el mercado competidor, la empresa en estudio no podrá fijar el

precio deseado por sus consumidores, y que en la mayoría de las veces será necesario fijar precios de los productos o servicios aunque no puedan ser compensados con los niveles de productividad, por lo tanto, el precio deberá ser fijado por el grado de competencia del mercado, afectando gravemente a aquellas empresas con menores niveles de productividad, concluye el autor, al existir una diferencia mayor entre los precios y los niveles de productividad, se vislumbrará una consecuencia negativa sobre la rentabilidad deseada en la empresa, por lo que, aquellas empresas con mejor nivel de productividad optarán a poseer una posibilidad de incrementar su rentabilidad.

7.13. Herramientas de análisis de competitividad

Lazio (2015) expone que respecto a índices informativos y comparativos para Latinoamérica sobresalen factores culturales, rechazo al riesgo y dominio constante por jerarquía de puestos como el conjunto de características que desfavorecen el desarrollo en determinadas corporaciones participantes en la red de distribución de energía eléctrica, agrega que dentro de ese segmento se pueden encontrar ciertas complejidades donde se podrán verificar excesivos abordajes tradicionales como la imposibilidad de compartir el liderazgo, negación o resistencia al cambio y el rechazo hacia las ideas nuevas por parte de sus colaboradores.

Por lo que dentro de una adecuada gestión de operaciones y bajo condiciones eficientes es necesario emplear herramientas para el análisis estratégico como la matriz de Ansoff, análisis de cadena de valor, evaluación del sistema de valor, mapeos en los sistemas de actividades, uso eficiente de las fuerzas competitivas de Porter, entre otros.

7.13.1. FODA

Thomson (2014) expone que la herramienta FODA resulta ser ideal para establecer benchmarks de posición competitiva, por lo que propone realizar un abordaje sencillo, se deberá listar las fortalezas en términos de factores críticos de éxito y deberán ser calificadas en escala de una a diez. De ser necesario, se deberá realiza un análisis con los competidores claves, por lo que se podrá obtener una base para identificar a aquellos puntos críticos de un grupo donde son más competitivos.

7.13.2. PORTER

Thomson (2014) establece que la creación de ventajas competitivas y la rentabilidad en sectores industriales, por lo que uno de los factores preponderantes a los fines de determinar la rentabilidad de un determinado sector industrial estará conectado con la intensidad de la rivalidad competitiva y con la capacidad para alcanzar las ventajas competitivas que permita diferencia a cada una de las empresas de sus competidores directos.

7.13.3. PESTEL

Thomson (2014) agrega que dicha herramienta se enfoca en poder analizar las variables sociodemográficas que permita satisfacer eficientemente las necesidades de los consumidores meta conforme oscilen las tendencias de las variables económicas involucradas, así, el estilo conservador o vanguardista hacia el cual se incline el grupo específico de consumidores de un determinado producto o servicio. Por lo que, es importante definir si la intención de compra es hacia un servicio estacionario se podría incorporar una encuesta para

obtener información sensible de las necesidades objetivas del segmento de mercado.

7.14. Mejora continua

Para Santiago (2014) es el hecho de implementar una metodología que permita superar el primer año de operaciones, donde diferentes escenarios generen estadísticas que permita evaluar la consolidación de las metas iniciales y los objetivos principales de la gestión de operaciones, además, podrá ser reconocida como la filosofía de vida en el trabajo empresarial, que permita apuntar hacia nuevos desafíos, con diseño de metas frescas, alcanzando niveles superiores de eficacia y sobre todo, alcanzado la fidelidad y satisfacción del mercado meta de los consumidores de determinado bien o servicio.

7.14.1. Circulo de Deming

Para Santiago (2014) se puede reconocer la aplicación y el uso de dicha herramienta como un análisis de la información captada dentro de la gestión de operaciones para poder así diseñar la mejora (planificación) en los grupos de trabajo, además de poder identificar las debilidades crecientes en el recurso humano para poder organizarse según nuevas perspectivas, es importante para el autor, valorar las oportunidades y priorizar en base a criterios de impacto las eficiencias en los procesos.

Además, agrega que el conjunto de acciones de mejora (hacer) sería el poder considerar las oportunidades que podrán resolver ciertas gestiones en proyectos cortos y sencillos, o en proyectos complejos y largos, por último, la evaluación de la mejora (verificación y acción) podría ser enfocada en determinar los criterios necesarios que permitan evaluar las eficiencia y eficacia

en los procesos globales de mejora continua, incluyendo los detalles del grado de participación del recurso humano.

8. PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

LISTA DE SÍMBOLOS

GLOSARIO

RESUMEN

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

OBJETIVOS

RESUMEN DEL MARCO TEÓRICO

INTRODUCCIÓN

1. MARCO REFERENCIAL

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Generación de energía con tecnología eólica

2.2. Generación de energía con tecnología solar

2.3. Gestión de activos

2.3.1. Gestión de activos por fallas

2.3.2. Gestión de activos por eventos asociados

2.4. Automatización industrial

2.4.1. Definición de automatización

2.4.2. Características de la automatización industrial

2.5. Niveles de automatización

2.5.1. Nivel elemental

2.5.2. Nivel intermedio

- 2.5.3. Ventajas y desventajas de la automatización industrial
- 2.6. Centro de operaciones viento-solar Guanacaste, Costa Rica
 - 2.6.1. Historia
 - 2.6.2. Planificación
 - 2.6.2.1. Gestión de recurso humano
 - 2.6.3. Clientes principales
- 2.7. Procesos operativos en un centro de operaciones de potencia
 - 2.7.1. Características principales
 - 2.7.2. Tareas y gestiones diarias
 - 2.7.3. Control de operaciones
- 2.8. Planificación estratégica
- 2.9. Preguntas básicas para una planificación estratégica
 - 2.9.1. Misión
 - 2.9.2. Visión
 - 2.9.3. Objetivos estratégicos
 - 2.9.3.1. Pasos para la definición de objetivos estratégicos
 - 2.9.4. Estrategias y plan de acción
 - 2.9.5. Indicadores de desempeño
 - 2.9.5.1. Conceptos
 - 2.9.5.2. Tipos de indicadores
- 2.10. Proceso administrativo
- 2.11. Productividad
 - 2.11.1. Concepto de productividad
 - 2.11.2. Factores productivos
 - 2.11.3. Factores internos
 - 2.11.4. Factores externos
- 2.12. Herramientas de análisis de productividad

- 2.12.1. Competitividad
 - 2.13. Herramientas de análisis de competitividad
 - 2.13.1. FODA
 - 2.13.2. PORTER
 - 2.13.3. PESTEL
 - 2.14. Mejora continua
 - 2.14.1. Circulo de Deming
- 3. DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN
 - 3.1. Características del estudio
 - 3.1.1. Enfoque
 - 3.1.2. Diseño
 - 3.1.3. Tipo de estudio
 - 3.1.4. Alcance
 - 3.2. Variables
 - 3.3. Fases del desarrollo de la investigación
 - 3.3.1. Fase 1: revisión documental de la teoría existente
 - 3.3.2. Fase 2: análisis situacional e identificación de las oportunidades de mejora
 - 3.3.3. Fase 3: planteamiento del estándar de operación en los procesos operativos
 - 3.3.4. Fase 4: revisión y análisis de la implementación estandarizada en los proceso operativos
 - 3.3.5. Resultados esperados
- 4. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS
- 5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS

ANEXOS

9. METODOLOGÍA

El desarrollo de la investigación a realizar se enmarca en un estudio con enfoque mixto cualitativo-cuantitativo, de diseño no experimental, con alcance de tipo descriptivo.

9.1. Diseño

Se trabajará en base a un diseño no experimental, por lo que no existirá un control de variables a estudiar. Es decir que no existirá una manipulación explícita y directa con el fin de analizar las consecuencias en los resultados. Las situaciones propuestas se mostrarán y analizarán tal y como son, debido a que se analizará de forma individual los fenómenos que influyen en la realización de las actividades.

9.2. Enfoque

En general se determina que la investigación tendrá un enfoque mixto por las siguientes razones; la parte cualitativa reflejará las necesidades del ambiente interno y externo del centro de operaciones. Es necesario obtener información de los procesos que demuestran poseer mayor debilidad en la ejecución y distribución de tareas hacia el personal. Por lo que se remarcarán las diferencias y similitudes para poder crear un juicio concluyente para que los altos mandos de esta red de potencia puedan tomar mejores decisiones. Por lo que, se brinda así, fundamentos claros si en un futuro desean implementar la posible planeación estratégica que reduzca y delimite aquellos puntos críticos que afectan sus operaciones constantemente.

Dichas variables serán obtenidas por observación directa del ambiente de trabajo, control y registro de quejas y por los informes donde se detallan duplicidad de tareas.

9.3. Tipo de estudio

Se propone un tipo de estudio descriptivo. La finalidad será obtener información de forma independiente de las variables de interés, así como de los índices de desempeño en los procesos operativos, debido a que se deducirán las circunstancias que afectan las actividades que impactan de forma directa los índices de desempeño. Así como la determinación de planificación adecuada en materia de gestión en talento humano y finanzas. Con base a esa información, se identificarán las diferencias entre el manejo de la gestión existente y la planificación a definir, enumerando los puntos observados a mejorar y proponiendo las soluciones a ellas.

9.4. Alcance

El alcance será de tipo descriptivo, ya que se explicarán los fenómenos y las causas que afectan las diferentes tareas en el control del mantenimiento preventivo de los aerogeneradores y de los paneles solares.

Por otro lado, empleando el círculo de Deming se obtendrán variables cuantitativas, de esas variables se esperaría obtener métricas sobre los costos de producción, productividad, razones financieras, uso eficiente de los recursos físicos asignados, entre otro. Dichas variables serán analizadas estadísticamente de tipo descriptivo ya que se pretende medir la dispersión de los datos e impactos directos en los índices de desempeño.

9.5. Unidad de análisis

La población identificada serán las plantas distribuidas en los parques eólicos en Centroamérica y República Dominicana.

9.6. Variables

Las variables de interés se basan en obtener los informes o reportes de producción diaria de cada una de las plantas a cargo del centro de operaciones, de ellas también se obtendrán los reportes de fallas de los aerogeneradores y de los paneles solares, todo eso se concentrará conforme la tabla siguiente.

Tabla VI. **Tabla de recolección de duplicidad de informes**

País	Num. de Aerogeneradores	Tipo de falla	Num. de reportes por semana	Posee programa de mantenimiento
Honduras	63	Temperatura	2	Si
Nicaragua	22	Temperatura	4	Si
Costa Rica	58	Mecánica	6	Si
	10	Hidráulica	8	Si
	10	Temperatura	10	Si
	25	Temperatura	12	Si
	10	Mecánica	16	Si
	10	Hidráulica	18	Si
Honduras	16	Baja corriente	12	Si
	23	Baja corriente	11	Si
	17	Baja corriente	10	Si
Rep. Dom.	11	Baja Corriente	9	Si
Control de informes duplicados	Cantidad de aerogeneradores e inversores reportados para el Centro de Operaciones	Estas fallas son las que destacan en los reportes	Se espera consolidar el valor de reportes semanales	Es importante evidenciar si posee programa de mantenimiento

Fuente: elaboración propia.

Tabla VII. **Operacionalización de variables**

Objetivo	Nombre de la variable	Tipo	Indicador	Técnica	Plan de tabulación
Realizar un diagnóstico del proceso actual para la identificación de las actividades de reprocesos y los KPI para generar valor al proceso actual.	Oportunidades de mejora en el diseño optimizado de los procesos operativos.	Cualitativa nominal. Cuantitativa discreta.	Manejo del recurso humano. Manejo financiero. Manejo de ventas de energía.	Análisis FODA. Diagramas de flujo. Flujos de procesos. Entrevista no estructurada.	Gráfica circular.
Desarrollar los estándares que deben implementarse para el logro de eliminación de los reprocesos.	Características de la metodología adecuada.	Cualitativa nominal. Cuantitativa discreta.	Reducción de duplicidad de informes. Optimización financiera. Manejo del recurso humano.	Ciclo de Deming. (PLAN-DO-CHECK-ACT)	Gráfica de barras o gráfica circular.
Evaluar los KPI's que se verán afectados de forma positiva con la optimización de los procesos desarrollados.	Beneficios de una adecuada planeación estratégica.	Cualitativa nominal. Cuantitativa discreta.	Calidad de beneficios alcanzados. Optimización de recursos. Productividad. Costos.	Diagramas de causa-efecto. Análisis FODA. Análisis de datos.	Gráficas circular o de barras.

Fuente: elaboración propia.

9.7. Fases del estudio

La metodología propuesta para solucionar el problema en cuestión consistirá en cuatro fases principales, cuya elaboración permitirá cumplir con los objetivos planteados en la investigación.

9.7.1. Fase 1: revisión documental de la teoría existente

Previo al desarrollo de la investigación. se realizará recolección selectiva de recursos bibliográficos, estos se obtendrán por la revisión de tesis de maestrías, trabajos doctorales, artículos localizados en internet y artículos científicos. Los mismos argumentarán el trabajo de investigación y se sustentarán los pasos a seguir que permitirán brindar soluciones a las necesidades identificadas. Esta fase se apoyará en la obtención de datos por medio de observación directa con una entrevista semi estructurada al gerente del centro de operaciones e indirecta con la revisión de documentos descriptivos que apoyarán a plantear el contexto y características del centro de operaciones.

9.7.2. Fase 2: análisis situacional e identificación de las oportunidades de mejora

La investigación iniciará con la descripción y análisis situacional de los procesos actuales en el centro de operaciones. Describirá la metodología empleada en sus actividades y se enfatizará en la gestión del talento humano, finanzas y ventas de energía eléctrica. La herramienta FODA se desarrollará en la presentación de resultados, por lo cual determinará las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas. Se complementará como una entrevista semi estructurada al gerente regional del centro de operaciones para ampliar la noción de la planificación existente.

En el proceso de recopilación de información, se espera obtener antecedentes de su gestión administrativa del centro de operaciones, de por lo menos seis meses de operación previos al inicio de la investigación. Se desea conocer la metodología para generar los informes de producción de energía de

las sub estaciones que conforman el parque total de las plantas en monitoreo, los gastos asociados a dicha gestión, tiempo de ejecución de proyectos, visitas realizadas a otras estaciones de producción, cuantos despachos se realizan al mes y tiempo de cobro de volumen de despecho generado.

Mediante el diagnóstico de los procesos diarios de la operación de las centrales eólicas y solares del centro de operaciones de Tilarán, se buscará detectar el motivo de la variabilidad en el proceso de tabulación de información, además se identificará el criterio individual que el personal de operaciones emplea para la revisión de las variables de temperatura y vibraciones de los equipos, sus ventajas y desventajas.

Con el análisis de la información recopilada y su relación entre las diferentes variables involucradas, se pretende identificar y describir las carencias de la gestión previa a realizar la investigación.

9.7.3. Fase 3: planteamiento del estándar de operación en los procesos operativos

Luego de identificar las oportunidades de mejora en el diseño de los procesos operativos se podrá determinar las necesidades del centro de operaciones, para proponer una planificación estratégica que permita accionar hacia la implementación de diferentes estándares y la unificación de criterios con el personal del centro de operaciones, asegurando la optimización de los recursos asociados a la gestión del talento humano, eliminación del reproceso de toma de información en archivos de Excel. Para esto, se llevará a cabo una planificación estratégica con la herramienta del círculo de Deming. Con eso se esperaría detectar o eliminar las ineficiencias del proceso, previniendo fallas

con antelación para evitar potenciales problemas y adaptarse a las necesidades del centro de operaciones.

En la planificación se considerarán los niveles de organizaciones, estratégicos, tácticos y operativos. Se materializará la misión y visión del centro de operaciones, estos serán apoyo en la toma de decisiones, logrando una mayor eficiencia, eficacia y calidad en la reducción de reprocesos. Para construir las futuras gestiones ordenadas, planificadas y estructuradas se implementará un formato de revisión de variables de temperatura y vibraciones con el fin de llevar un orden en los datos a reportar. Ya que ese proceso operativo requiere retroalimentación constante, la construcción de indicadores en función del cumplimiento de objetivos que permitirán el monitoreo de la estrategia a definir.

9.7.4. Fase 4: revisión y análisis de la implementación estandarizada en los procesos operativos

En la última fase de la investigación, la información obtenida en las etapas anteriores se analizará para enlistar las diferencias y similitudes entre las operaciones existentes y las propuestas. Se construirán cuadros comparativos que mejoren la comprensión del lector. Con base a eso, se planteará un FODA deseado o esperado el cual mostrará los beneficios a obtenerse si el centro de operaciones implementa la propuesta definida.

Por lo que, con la eliminación de los reprocesos sería viable proceder a instalar los estándares conforme el uso y aprovechamiento del software de análisis del centro de operaciones de Tilarán. Inmediatamente se generarán valores, datos y otros aspectos de medición que presentará información real del impacto de la operación de los activos en los KPI de eficiencia, disponibilidad,

productibilidad, pérdida de energía y energía generada. La revisión de dichas variables de temperatura y vibraciones se realizarán en el momento en que la tendencia cambie, se informará de forma oportuna al personal de mantenimiento logrando de esa forma que sean atendidas de forma oportuna y así evitar fallas severas.

9.8. Resultados esperados

Conforme los avances, sería idóneo el poder demostrar a las autoridades del centro de operaciones el volumen de duplicidad de informes generados de las diferentes plantas, donde se utilizan vaciados en Excel y donde también es empleado el software asignado a estas acciones. Es importante demostrar no solamente con valores numéricos, también con métodos gráficos que demuestran ser una herramienta práctica, ya que resumir la data obtenida por seis meses o un año exponiendo los puntos críticos sobre los retrasos o retardos en consignar información que posiblemente ya fue procesada, por lo que generará el retardo en creación de acciones inmediatas ante eventos que necesitan una respuesta inmediata.

Si una de estas plantas ha decaído su nivel de generación de potencia por fatiga de los equipos, por vibraciones o por mala calendarización en sus mantenimientos preventivos desearían poder accionar inmediatamente, dichos eventos se registrarán en una tabla de muestreo, donde es importante crear una matriz de alarmas según el tipo de evento registrado, ya que se evaluará la eficiencia de los aerogeneradores y la eficiencia del recurso humano respecto a las tareas asignadas. Así, tras delimitar las deficiencias constantes se podrá proceder a ejecutar un conjunto de acciones que permita reducir los problemas constantes reportados.

También es necesario diseñar procesos administrativos que monitoreen la eficiencia del recurso humano asignado de dichas plantas para evaluar si ellos estarán o no cumpliendo con sus tareas.

10. TÉCNICAS DE ANÁLISIS

Las técnicas de análisis que se utilizarán son de tipo descriptivo, observación de información bibliográfica, recopilación de datos tomados en campo y análisis de información.

En la primera fase de la investigación se usará la técnica bibliográfica en la que se recopilarán los datos relacionados a la dirección, planeación, control y liderazgo del centro de operaciones, a través de modelos de estandarización se pretende obtener la información selectiva sobre las quejas, fallas y paros inesperados en maquinarias y equipos generadores de potencia eléctrica.

Para evaluar la situación existente, en la segunda etapa se utilizará la observación directa por medio de la entrevista semi estructura para comprender la forma en el que lleva a cabo la gestión en materia de talento humano, mantenimientos y generación de informes mensuales. Con la ayuda de la observación indirecta, la técnica de análisis estratégica FODA, ayudará a ordenar la información por medio de categorización.

En la tercera fase, y en base a la información obtenida por el trabajo de campo empleado en la fase anterior, se hará uso de la observación indirecta, e implementarlo al círculo de Deming, permitirá plantear la propuesta de optimización estratégica adecuada para en Centro de Operaciones. Para determinar los beneficios de la propuesta, se comparará el análisis situacional con la propuesta a definir. Se realizará el análisis FODA y se llevará a cabo un nuevo círculo de Deming, simulando la implementación de planificación estratégica a definir en el Centro de Operaciones.

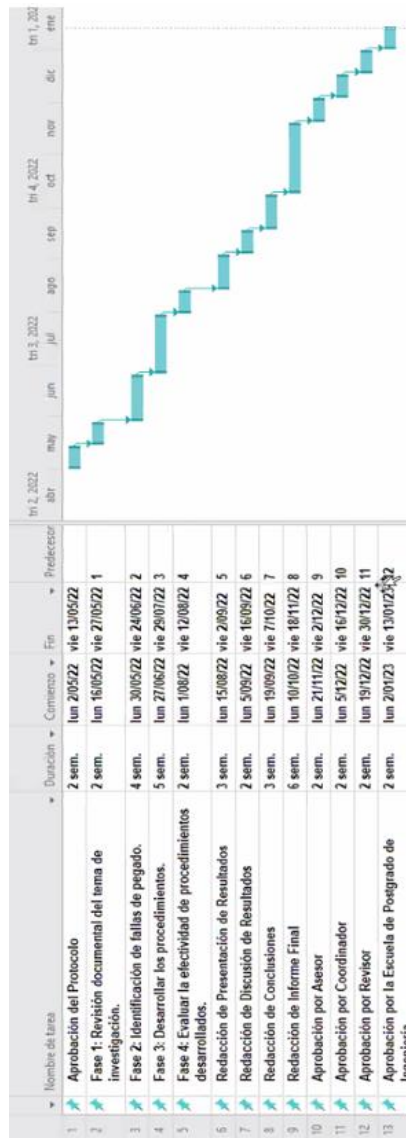
Ya recopilada la información de los 2 escenarios, se empleará la técnica de estudio para sintetizar y organizar información, comúnmente llamado cuadro comparativo para facilitar el análisis. Además, se utilizará un histograma de frecuencia conocido como diagrama de barras para lograr analizar los índices de quejas, reclamos y fallas presentes en los últimos seis meses del año 2021, con esto se pretende verificar por medio del diagrama de líneas, la eficiencia del personal contratado.

Las herramientas estadísticas para utilizar serán:

- Análisis de correlación entre variables (falla vs. ausencia de mantenimiento).
- Medidas de tendencia central: debido a que se reunirán datos, se realizarán los cálculos para determinar la media aritmética y sus desviaciones en cada caso.

11. CRONOGRAMA

Figura 8. Cronograma de actividades



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Project.

12. FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO

El presente trabajo de investigación se realizará con recursos propios del estudiante de maestría, así como el apoyo en la compra de boletos aéreos y hospedaje por parte de la empresa. Siendo la investigación descriptiva, se tendrán en cuenta los siguientes recursos:

Tabla VIII. Recursos necesarios para la investigación

Recurso	ITEM	Total	Fuente de financiamiento
Recurso humano	Asesor	Q 2 500,00	Propia
Recursos materiales	Papelería y útiles	Q 2 000,00	Propia
Transporte terrestre	Vehículo y combustible	Q 3 500,00	Industria
Transporte aéreo	Boletos de avión Guatemala-Costa Rica / Costa Rica-Guatemala	Q 25 000,00	Industria
Hospedaje	Estadía eventual	Q 4 500,00	Industria
Recursos tecnológicos	Dispositivos electrónicos e internet	Q 1 500,00	Industria
Equipo	Computadora	Q 5 000,00	Propio
Total		Q 44 000,00	

Fuente: elaboración propia.

Siendo los recursos aportados suficientes para la investigación, se considera que es factible la realización del estudio. El 21.59 % de los recursos serán por parte del investigador.

13. REFERENCIAS

1. Arenas, A. (2013). *Estabilidad en los sistemas eléctricos de potencia con generación renovable*. Ecuador: Grupo Adriaga.
2. Armijo, B. (2019). *Diseño de la planificación estratégica e indicadores de desempeño*. México: McGraw-Hill.
3. Asanza, J. (2016). *Análisis y reestructuración de los procesos comerciales en la Corporación Nacional de Electricidad de la Regional Santo Domingo*. Santo Domingo: Felipe Solsona.
4. Ayala, R. (2015). *La economía digital y el comercio electrónico, su incidencia en el sistema tributario*. España: Dykinson.
5. Bustamante, M. y Cira, I. (2012). *Procedimiento para el mejoramiento de procesos en Copexte*. México: McGraw Hill.
6. Campos, J. (2015). *Modelo de gestión de activos basados en la Norma ISO 55000 en un sistema integrado de operaciones*. Colombia: IWMS.
7. Carless, J. (2015) *Energía renovable: guía de alternativas ecológicas*. México: Edomex.
8. Chavarria, M. (2016). *Desarrollo de proyectos de innovación*. Costa Rica: Ludovico.

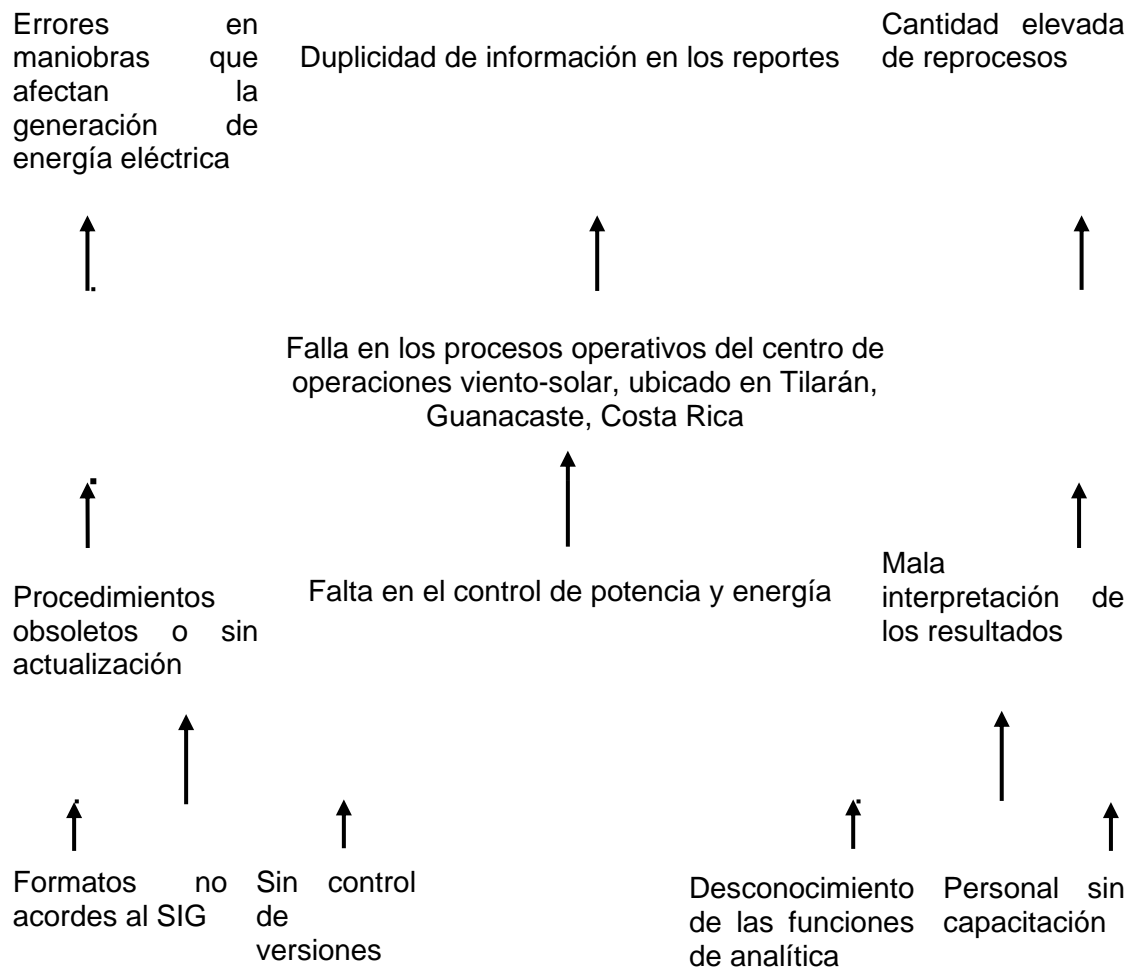
9. Cohen, R. (2014). *Diseño de pronósticos y su evaluación continua*. España: ESIC.
10. Espinal, J. (2019). *Optimización de procesos mediante la implementación de herramientas Lean Manufacturing en terminales especializadas en concentrados de minerales*. Guatemala: s.e.
11. Espinosa, C. (2014). *La planificación estratégica y sus campos de aplicación*. México: McGraw-Hill.
12. Galloza, A. (2020). *Diseño de procesos de mejora para obtener un PMA*. España: Marge Books.
13. García, J. (2018). *Automatización de procesos industriales*. Panamá: alfa-omega.
14. Gómez, H. (2013) *Plan de mantenimiento basado en tecnología RCM en aerogeneradores*. Costa Rica: Sartengas.
15. González, L. (2019). *Herramientas para la gestión por procesos*. PERÚ: COSUDE.
16. Mallar, M. (2010). *La gestión por procesos: un enfoque de gestión eficiente*. Lima Perú: Brooks.
17. Mora, C. (2015). *Indicadores de la gestión de automatización o indicadores claves del desempeño automatizado*. Colombia: Prentice Hall.

18. Nuchera, A. (2014) *La gestión de la tecnología como factor competitivo*. México: Economía industrial.
19. Patzán, M. (2019). *Guía práctica para la planificación estratégica y sus indicadores de desempeño*. España: ASDBA.
20. Pérez, A. (2016). *Mantenimiento basado en fallas tempranas en equipos de granjas solares*. México: McGraw-Hill.
21. Pinzón, B. (2015) *Gestión del mantenimiento basado en confiabilidad para centrales eléctricas*. Colombia: Canmí LTDA.
22. Pulido, A. (2020). *La gestión por procesos*. Santiago de Chile: Emilio Lentini.
23. Roca, S. (2016). *La gestión industrial y su relación financiera en activos estacionarios*. Colombia: Pabilio.
24. Rodríguez, P. (2020). *Seguridad energética: análisis y evaluación de un centro de operaciones*. México: Pearson.
25. Sánchez, A. (2012) *La gestión eficiente de los activos físicos en la función del mantenimiento*. Perú: Brown Dall.
26. Sánchez, L. (2017). *Indicadores de gestión empresarial*. México: McGraw-Hill.
27. Santiago, F. (2014). *Administración de operaciones, conceptos y casos contemporáneos*. Brasil: McGraw-Hill.

28. Thomson, J. (2014). *Indicadores de la gestión logística: los indicadores del desempeño logístico*. Colombia: editorial Rustica.
29. Toro, F. (2016). *Desempeño y productividad*. New York: Gulf.
30. Velásquez, F. (2011) *Aprovechamiento de la energía eólica combinada con otras fuentes de energía renovable en San José Pinula, municipio de Guatemala, Guatemala*. Guatemala: s.e.
31. Vico, G. (2013). *Parque eólico de conexión a la red*. España: Green Energy.
32. Volpentesta, G. (2016). *Revolución en el diseño estructural para la prestación de servicios*. Colombia: Pearson.
33. Watt, K. (2014). *Simulación dinámica para distintos escenarios en aerogeneradores*. Chile: Pattinson.

14. APÉNDICES

Apéndice 1. **Árbol de problemas**



Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2. **Matriz de coherencia**

Objetivos	Nombre de la variable	Indicadores	Técnicas e instrument o	Metodología
<p>1. Realizar el diagnóstico de los procesos operativos que tienen impacto directo en los KPI, e identificar cuales tienen un reproceso, no generan valor y por la naturaleza del negocio son obsoletos.</p>	<p>Diagnóstico del proceso</p>	<p>Variabilidad</p>	<p>Gráficas de barras</p>	<p>Revisión y comparación de la información que se registra en los archivos Excel y sistema SCADA (periodo de tiempo, que información se extrae)</p>
		<p>Duplicidad de información</p>	<p>Desviación estándar entre datos del archivo Excel y el sistema SCADA</p>	
		<p>Categoría de la información</p>	<p>Alarmas que se encuentran en los archivos del fabricante</p>	
<p>2. Unificar criterios con el equipo de centro de operaciones y personal de plantas eólicas y solares para la creación de estándares, con la finalidad de lograr identificar de forma correcta el impacto de los mantenimientos y fallas en los KPI.</p>	<p>Tiempo activo de los eventos</p>	<p>Disponibilidad: $\frac{\text{plantas} = (\text{horas totales} - \text{horas paradas por fallas} - \text{horas por mantenimiento})}{\text{horas totales}}$</p>	<p>Poka yokes</p>	<p>Publicación y socialización del estándar con el personal del centro de operaciones</p>
	<p>Criterios de categorización de los mantenimientos : predictivos, preventivos y correctivos</p>	<p>Energía generada Productibilidad = $\frac{\text{energía bruta}}{\text{(energía bruta} - \text{energía perdida por oportunidad)}}$</p>		<p>Rutinas de supervisión y acompañamiento al personal</p>

Continuación apéndice 2

3. verificar en el software de análisis del centro de operaciones la puesta en marcha de los estándares establecidos y el impacto de este en los KPI de disponibilidad, productibilidad, energía producida y energía perdida.	Eficacia en la categorización de los eventos	Disponibilidad plantas = (horas totales – horas paradas por fallas – horas por mantenimiento) / horas totales	Pareto de alarmas	Revisión de los tiempos de duración de los eventos en el sistema SCADA y compararlo con el reporte de mantenimiento
		Energía generada	Gráficas de energía y productibilidad	
		Productibilidad = energía bruta / (energía bruta – energía perdida por oportunidad)		

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 3. Encuesta de satisfacción

Fecha		Nombre	
Pregunta	Respuesta		
¿se han logrado disminuir los reprocesos en el mantenimiento de los equipos?	<p style="text-align: center;">Si</p> <input type="checkbox"/>	<p style="text-align: center;">No</p> <input type="checkbox"/>	
¿se han disminuido la duplicidad de informes generado por las doce plantas eléctricas?	<p style="text-align: center;">Si</p> <input type="checkbox"/>	<p style="text-align: center;">No</p> <input type="checkbox"/>	
¿los KPI afectados en producción lograron mejorar?	<p style="text-align: center;">Si</p> <input type="checkbox"/>	<p style="text-align: center;">No</p> <input type="checkbox"/>	
Por favor califique su nivel de satisfacción	Se deberá colocar una X o un cheque indicando la respuesta seleccionada, no se podrán dar dos repuestos por cada pregunta.		



Fuente: elaboración propia.

Apéndice 4. Encuesta de diagnostico

Fecha		Nombre:	
Pregunta	Si	No	
Conoce el criterio para la categoracion de alarmas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Conoce la forma en que se categorizan las alarmas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Conoce algun estandar en la categorizacion de alarmas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Conoce la diferencia entre mantenimiento preventivo y predictivo	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Conoce los KPI del centro de operaciones	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Conoce la forma en que se calcula la producibilidad	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Conoce la forma en que se calcula la disponibilidad	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Conoce el termino PDCA	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 5. Formato de diagnóstico A3, Lean Six Sigma

Formato A3 de diagnóstico		
Fecha		Nombre:
Justificación		Recomendaciones
Estado Actual		Plan
Objetivos		Seguimiento
Análisis		

Fuente: elaboración propia.