



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA

MECÁNICA ELÉCTRICA

**Plan de mantenimiento de bombas centrífugas basado en la toma
de decisiones multicriterio para aumentar su disponibilidad en
Centro Comercial Real Plaza Cajamarca, 2023**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Mecánico Electricista

AUTOR:

Armas Lezma, Luis Antonio (orcid.org/0000-0002-0143-5896)

ASESOR:

Mg. Sovero Lazo, Nelly Roxana (orcid.org/0000-0001-5688-2258)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Sistemas y Planes de Mantenimiento

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

TRUJILLO – PERÚ

2023

Dedicatoria

Este trabajo de investigación lo dedico principalmente a Dios, también a mi madre, esposa, hermanos y amigos que siempre estuvieron conmigo apoyándome y nunca dejaron de confiar en mí; cada vez que caí, me ayudaban a levantarme y seguir en busca de mis objetivos y obtener resultados anhelados hoy hechos realidad.

Agradecimiento

Agradezco a Dios quien siempre me dio salud para seguir luchando por mis sueños, a mi esposa quien fue la persona que estuvo en los momentos de desesperación en que creía que no tenía salida, ella estuvo ahí para guiarme, apoyarme cada vez que me quería rendir, a mis familiares que siempre me daban apoyo moral que era lo que más se necesita en este camino y a mis amistades que apoyaron la búsqueda del camino trazado. Para todos ellos agradezco infinitamente por formar parte de esta gran historia de mi vida.

Índice de contenidos

Carátula	i
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Índice de contenidos	vi
Índice de tablas.....	vii
Índice de gráficos y figuras	viii
Resumen	ix
Abstract.....	x
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	5
III. METODOLOGÍA.....	13
3.1. Tipo y diseño de investigación.....	13
3.2. Variables y operacionalización	13
3.3. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis.....	14
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	15
3.5. Procedimientos	15
3.6. Método de análisis de datos	16
3.7. Aspectos éticos.....	16
IV. RESULTADOS	17
V. DISCUSIÓN	24
VI. CONCLUSIONES.....	29
VII. RECOMENDACIONES	30
REFERENCIAS	31
ANEXOS	35

Índice de tablas

Tabla 1. Porcentaje de disponibilidad de bombas centrífugas.	17
Tabla 2. Comparación de criterios bajo escala de evaluación con metodología AHP18	
Tabla 3. Cuadro de costos totales antes y después de la mejora con una proyección de 5 años, indicando el costo-beneficio	20

Índice de gráficos y figuras

Gráfico 1. Porcentajes de los criterios relevantes	19
Gráfico 2. Porcentajes de resultados para aplicar el plan de mantenimiento preventivo en el tiempo.....	21
Gráfico 3. Comparación del nivel de disponibilidad actual vs disponibilidad simulada	23

Resumen

Esta investigación determinó como objetivo general diseñar un plan de mantenimiento basado en la toma de decisiones multicriterio para aumentar la disponibilidad de las bombas centrífugas en el C.C. Real Plaza Cajamarca. La investigación es cuantitativa de tipo aplicada, diseño no experimental, el estudio de la investigación es descriptiva de tipo transversal, se trabajó con una muestra de 3 bombas centrífugas, se aplicó como técnica de recolección de datos el análisis documental, aplicando como instrumento la ficha de registro. Primero se evaluó el nivel de disponibilidad actual de las 3 bombas centrífugas, siendo del 82%, 87% y 83% respectivamente. Los criterios relevantes para la toma de decisiones multicriterio aplicando la metodología de jerarquía AHP fue la disponibilidad con un 42.36%, criterio económico y medio ambiental con un 22.70% y criterio de personal con un 12.23%. La relación costo-beneficio fue 55.4%, indicando que es altamente rentable para la empresa obteniendo un ahorro al año de S/. 6,945. Finalmente se realizó la simulación del plan de mantenimiento basado en la toma de decisiones multicriterio donde se logró aumentar la disponibilidad de las 3 bombas centrífugas a un 97%, siendo el incremento para cada una de ellas del 15%, 10% y 14%.

Palabras clave: Bomba centrífuga, disponibilidad, análisis multicriterio, mantenimiento.

Abstract

This investigation determined as a general objective to design a maintenance plan based on multicriteria decision-making to increase the availability of centrifugal pumps in the C.C. Royal Plaza Cajamarca. The research is quantitative of the applied type, non-experimental design, the research study is descriptive of the cross-sectional type, we worked with a sample of 3 centrifugal pumps, documentary analysis was applied as a data collection technique, applying the file as an instrument register. First, the current availability level of the 3 centrifugal pumps was evaluated, being 82%, 87% and 83% respectively. The relevant criteria for multi-criteria decision making applying the AHP hierarchy methodology was availability with 42.36%, economic and environmental criteria with 22.70% and personnel criteria with 12.23%. The cost-benefit ratio was 55.4%, indicating that it is highly profitable for the company, obtaining savings of S/. 6,945. Finally, the simulation of the maintenance plan based on multicriteria decision making was carried out, where it was possible to increase the availability of the 3 centrifugal pumps to 97%, the increase for each of them being 15%,10% and 14%.

Keywords: Centrifugal pump, availability, multicriteria analysis, maintenance.

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad los centros comerciales de la zona sierra del Perú tienen que tener una buena gestión y viabilidad del agua, ya que en la zona sierra las lluvias son constantes y de gran volumen a comparación de las lluvias que se presentan en la costa, es por ellos que los centros comerciales trabajan con bombas centrífugas entre ellas las pluviales donde se busca la optimización de los recursos y asegurar el bienestar del personal que labora allí, así como de los visitantes al centro comercial y no se vean perjudicados por las constantes lluvias, y para lograr ello es necesario evitar las fallas en los equipos. Precisamente al ser equipos industriales con cierto nivel de vida útil, necesitan tener un correcto uso de acuerdo al mantenimiento que se le realice cada cierto tiempo a cada equipo para que puedan realizar sus funciones de la manera más óptima posible.

Muchas veces no se les realiza el correcto mantenimiento a los equipos industriales, como por ejemplo señala (López, y otros, 2014) que en España según (EU-OSHA) que es la Agencia Europea para la Seguridad y Salud en el Trabajo menciona que en los años 2005 y 2006, aproximadamente entre el 14 y 17% de los accidentes en el trabajo fueron en operaciones de mantenimiento, ya que el personal que realiza las funciones de mantenimiento de equipos industriales no están debidamente capacitados para dichas funciones.

En Reino Unido igualmente se realizó un estudio según (HSE, 1982) que es una revista ejecutiva de Seguridad y Salud, donde se indica que aproximadamente en el transcurso de un año se produjeron más de 100 accidentes mortales realizando actividades de mantenimiento, ya que no se contaba con un correcto plan de mantenimiento acorde al tipo de funciones que se realiza y el personal no tenía las capacitaciones correspondientes, dichos accidentes se reportaron en el sector de construcción e industrial.

En el Perú también podemos encontrar esta problemática que no es ajeno a nuestra realidad, ya que también existen fallas técnicas en los equipos industriales en el ámbito (MRO) que significa mantenimiento, reparación y operación, tal y como se detalla en la revista peruana “Perú Construye”, donde (Quinde, 2020) hace mención

que dichas fallas afectan directamente a los costos de mantenimiento y la seguridad en el área de trabajo, es por ello que indica las 4 fallas más comunes que se dan por no realizar un mantenimiento a los equipos industriales de forma correcta y en el tiempo oportuno: fugas de sus accesorios, fallas en las adhesiones de sus estructuras, falla de alineación de pernos, desgaste de equipos.

En nuestro país contamos con normas técnicas que hacen referencia específicamente a las bombas centrífugas que es nuestra unidad de análisis de la presente investigación, por ejemplo la NTP 360.011:1976 (norma técnica peruana) (El Peruano, 2017) donde se expresa básicamente las especificaciones generales de la misma donde el productor puede elaborar “hojas de especificaciones” del producto guiándose de la presente norma.

Así mismo en el (Código Nacional de Electricidad, 2006) en el numeral 020-012 hace mención que durante la operación y mantenimiento de instalación de equipos eléctricos se debe tener principal consideración la preservación del medio ambiente, aplicando las medidas que son necesarios según aprobación del Ministerio de Energía y Minas, en materia ambiental.

De igual manera en el (Código Nacional de Electricidad, 2006) en el numeral 020-014 indica que toda instalación eléctrica tiene que estar inspeccionada por personal capacitado y autoridades competentes. Ya que de esta manera se evitarán accidentes e incidentes en el área de trabajo y de igual manera fomentamos el buen mantenimiento de los equipos.

Para la presente investigación, se observó y analizó que en el C.C. Real Plaza de Cajamarca utilizan varios equipos industriales, entre ellos se encuentran las bombas centrífugas que se usan como parte de la implementación de equipos, ya que al ser una empresa comercial tiene muchas personas visitantes que acuden al C.C. y dichas bombas deben tener un correcto funcionamiento para evitar así que perjudiquen a los comerciantes y clientes, ya que estas bombas centrífugas son pluviales y su principal función es recaudar el agua de las fuertes lluvias que se dan en esta ciudad y poder drenarlas a un lugar seguro y se eviten accidentes y pérdidas económicas tanto para la empresa como para los comerciantes, y todo esto se da realizando un correcto plan de mantenimiento donde se analicen diferentes criterios como medio

ambientales, económicos, sociales, entre otros para una mejor toma de decisiones.

Es por ello que se planteó el siguiente problema general: ¿Cómo aumentar la disponibilidad de las bombas centrífugas en el C.C. Real Plaza Cajamarca?, así mismo se plantearon los siguientes problemas específicos: ¿Cuál es el porcentaje actual de disponibilidad de las bombas centrífugas del C.C. Real Plaza Cajamarca? ¿Cuáles son los aspectos relevantes que se deben tomar en cuenta para la toma de decisiones multicriterio en un plan de mantenimiento de bombas centrífugas? y ¿cuál sería la relación costo-beneficio del plan de mantenimiento basado en la toma de decisiones multicriterio para la empresa?

Así mismo el tema económico para toda empresa privada es sumamente importante, es por ello que se tomó en consideración como parte de la justificación económica, que al realizar un correcto plan de mantenimiento basado en la toma de decisiones multicriterio existirá una reducción de costos en reparación, optimización de recursos con la detección a tiempo de posibles problemas que tengas las bombas centrífugas y de esta manera aumentaría su vida útil, así como también maximizar la eficiencia energética, reduciendo el consumo de energía eléctrica, lo que significaría una reducción en los costos a largo plazo.

Además, esta investigación es de gran relevancia ya que, como parte de su justificación social, es que los trabajadores del C.C. y también de los visitantes no se les genere incomodidad por las consecuencias que genere estas fallas de las bombas, ya que puede generar malestar pasando un mal momento en el C.C., es por ello que teniendo unas bombas centrífugas en óptimas condiciones se les brinda un entorno confortable en el centro comercial. También con la contratación de personal especializado en temas de mantenimiento de bombas centrífugas se realiza la generación de empleo local, lo cual ayuda a fortalecer el crecimiento social.

Por último, se presenta la justificación ambiental, la cual es de gran importancia abordar este tipo de justificación ya que nuestro planeta nos necesita, es por ello que, realizando un correcto plan de mantenimiento basado en la toma de decisiones multicriterio, previene las fugas y desperdicios, lo que permite la conservación de agua y reducción de consumo de energía optimizando los recursos y reduciendo el impacto negativo en el medio ambiente. Además, al realizar este tipo de

investigación se contribuye a los avances del conocimiento y el desarrollo de la tecnología, ya que los resultados obtenidos podrán ser usado por otros especialistas para mejorar sus prácticas en el campo profesional y poder cuidar todos juntos nuestro medio ambiente.

Como objetivo general se planteó: diseñar un plan de mantenimiento basado en la toma de decisiones multicriterio para aumentar la disponibilidad de las bombas centrífugas en el C.C. Real Plaza Cajamarca, y como objetivos específicos: el primero; evaluar la disponibilidad actual de las bombas centrífugas del C.C. Real Plaza Cajamarca, el segundo; identificar los criterios relevantes para la toma de decisiones en el plan de mantenimiento de las bombas centrífugas en el C.C. Real Plaza Cajamarca, el tercero; evaluar la relación costo-beneficio del plan de mantenimiento basado en la toma de decisiones multicriterio para el C.C. Real Plaza Cajamarca.

Finalmente, también se consideró como hipótesis general la siguiente afirmación: un plan de mantenimiento basado en la toma de decisiones multicriterio aumenta la disponibilidad de las bombas centrífugas en el C.C. Real Plaza Cajamarca.

II. MARCO TEÓRICO

Como parte de la investigación, se hallaron algunos antecedentes a nivel internacional y nacional, los cuales empezaremos a mencionar cada uno de ellos, siendo los más relevantes para nuestra investigación; a nivel internacional tenemos a (Arévalo, 2022), quien realizó su investigación en la ciudad de Cuenca – Ecuador, donde se tuvo como principal objetivo evaluar los parámetros que permitan mejorar el funcionamiento de una bomba que trabaja con la expulsión de agua, su población y muestra de estudio fue una bomba, para ello se usó la prueba t de student a través de gráficos de barra y dispersión de puntos, donde se concluyó que las bombas fabricadas de hierro eran las más durables y viables en su implementación, las cuales brindan mayor eficiencia de acuerdo a sus parámetros establecidos.

De igual manera encontramos a (Lores, 2021), quien realizó su investigación en Colombia, donde tuvo como principal objetivo mejorar el tratamiento del agua y saneamiento en las zonas rurales de Colombia mediante un análisis de toma de decisiones multicriterio, para lo cual se trabajó con un equipo de 15 expertos, a quienes se les aplicó una encuesta, obteniendo como resultados que para una correcta toma de decisiones basada en el análisis multicriterio para dicha investigación fue necesaria usar 4 metodologías (promethee, tophis, electre y AHP), las cuales reducen el nivel de incertidumbre en la selección de alternativas para dicha investigación.

A nivel nacional también se hallaron algunos trabajos de investigación de gran aporte, como por ejemplo tenemos (Hernandez, y otros, 2019) quienes realizaron un trabajo de investigación en una empresa de cerámicos de la ciudad de Cajamarca, donde su objetivo general de investigación fue diseñar una gestión de mantenimiento que sirva como un modelo para poder aumentar la disponibilidad de sus equipos, entre los cuales usaron como parte de su muestra de estudio a 4 equipos industriales. Los instrumentos para su recolección de datos fueron las fichas de observación, luego de realizar los estudios y análisis respectivos, obtuvieron como resultado que los 4 equipos contaban con un porcentaje menor al 95% de disponibilidad; lo cual no es óptimo, es por ello que se realizó el diseño de un plan de mantenimiento preventivo, concluyendo que si la empresa llegara a aplicarlo tendría mayor rentabilidad y

aumentaría el nivel de disponibilidad de sus equipos.

Así mismo hallamos a (Chavez, 2021) que realizó una investigación para obtener su título de ingeniero mecánico eléctrico, realizando un plan de mantenimiento preventivo para poder optimizar la disponibilidad de equipos hidráulicos que cuenta una empresa, su población y muestra fue la misma, ya que sólo estuvo conformado por 10 equipos. Usó como instrumento de recolección de datos fichas de observación y fichas de registro, mediante los cuales se muestra en los resultados que la disponibilidad de equipos aumentó en los periodos de junio y agosto del 2021, concluyendo que es de gran importancia la implementación de un plan de mantenimiento preventivo en una empresa cuando se tienen equipos industriales.

De igual manera encontramos a (Orbegoso, 2022), quien desarrolló su investigación en el departamento de La Libertad, la cual tuvo como objetivo principal realizar la implementación de una gestión de mantenimiento para aumentar la disponibilidad y confiabilidad de equipos, que se desarrolló en una empresa minera de La Libertad con una muestra de 7 equipos. Para dicha investigación se empleó como instrumento la hoja gráfica de operación, hoja gráfica documentaria y el cuestionario siendo una investigación pre experimental, longitudinal y correlacional, la cual tuvo como resultados que se incrementó entre el 89 y 95% la disponibilidad de los equipos, concluyendo que aplicando un análisis multicriterio para la elaboración de una gestión o plan de mantenimiento mejorará la disponibilidad y confiabilidad de los equipos.

También encontramos a (Chunga, y otros, 2022) quienes realizaron su investigación en la ciudad de Trujillo, departamento de La Libertad, donde buscaron investigar principalmente poder evaluar la implementación de un plan de mantenimiento que busca incrementar el nivel de disponibilidad de equipos industriales en base a la toma de decisiones multicriterio, con una población de 8 equipos y una muestra de tan sólo 2 equipos industriales, realizando una investigación cuantitativa, longitudinal, de alcance correlacional causal, donde emplearon como instrumento de recolección de datos la ficha de registro, obteniendo como principales resultados que se logró incrementar el porcentaje de disponibilidad de los equipos industriales de un 92% a un 97%, concluyendo que tomando en cuenta la toma de decisiones multicriterio para este tipo de mantenimiento es muy favorable ya se logró aumentar la

disponibilidad del equipo y se evalúa que el costo beneficio para la empresa sea el más rentable posible.

Continuando con los antecedentes a nivel nacional, encontramos a (Aquino, y otros, 2020), quienes realizaron una investigación en el departamento de Cajamarca sobre el diseño de un plan de mantenimiento de tipo preventivo para incrementar la disponibilidad de los equipos en la empresa Global Truck E.I.R.L., siendo su muestra de 3 equipos y usaron la observación y el análisis documental como técnicas de recolección de datos, siendo una investigación de tipo aplicada, no experimental, cuantitativa. Donde se obtuvo como resultado que se incrementó el porcentaje de disponibilidad de los equipos en un 10%, 4.1% y 7% respectivamente, concluyendo que si se implementa un correcto plan de mantenimiento si se puede lograr aumentar el nivel de disponibilidad de equipos en una empresa.

Finalmente en lo que respecta a nuestros antecedentes, mencionamos a (Jave, y otros, 2021) quienes realizaron una investigación sobre la metodología de análisis multicriterio AHP para mejorar la productividad de maquinaria, realizada en una cantera de Chiclayo, siendo su población toda la maquinaria con la que cuenta la cantera, los instrumentos para la recolección de datos que emplearon fueron las guías de observación y análisis documental, para lo cual obtuvieron como resultado que usando la metodología multicriterio de AHP se logra controlar los tiempos y optimizaron los procesos de la maquinaria, concluyendo que dicha metodología aumentará el nivel de productividad de las maquinas en la cantera.

Ahora continuamos definiendo a nuestras variables de investigación, indicando sus principales teorías generales y teorías sustantivas.

Para nuestra primera variable que es disponibilidad, como base de un sustento teórico para la investigación dentro de las teorías generales mencionamos a las siguientes ISO (Internacional Organization for Standardization):

Norma ISO 55000 (2014), la cual hace referencia a la gestión de los activos con una descripción general indicando los beneficios de la gestión, donde menciona que dicha norma se puede aplicar a todo activo de una empresa, sin importar el tamaño de la organización; para nuestra investigación los activos que se hace referencia, vendrían a ser las bombas centrífugas.

Norma ISO 9906 (2012), esta norma internacional indica sobre el rendimiento de las bombas rotodinámicas, entre ellas las centrífugas sin importar su tamaño, con la función principal de bombear cualquier líquido con soporte de agua limpia y fría.

Dentro de las teorías sustantivas, mencionaremos algunas de los principales enfoques conceptuales de las definiciones de diferentes autores para nuestra variable disponibilidad, entre ellos tenemos a: (Mesa, y otros, 2006) quienes definen a la disponibilidad como el nivel de confianza que se tiene sobre un equipo para que realice todas sus funciones dentro de su tiempo establecido, además que es objeto de estudio de manera primordial en un mantenimiento realizado a equipos industriales. De igual manera coincide con (Bembibre, 2014) quien define a disponibilidad como la manera de hacer referencia a un fenómeno u objeto que se encuentra en buenas condiciones con la posibilidad de ser utilizado, es decir que está accesible para su uso.

Así mismo (Sanchez, 2020) define a la disponibilidad como la capacidad que tiene el activo para realizar su determinada función durante un determinado tiempo, para lo cual menciona que para poder calcular la disponibilidad es necesario tener los siguientes indicadores: MTBF (Mean Time Between Failures), MTTR (Mean Time To Repair) y MUT (Mean Up Time).

Es por ello que como parte de nuestra definición operacional mencionamos a (Mesa, y otros, 2006) quienes indican que matemáticamente la disponibilidad se mide entre el tiempo medio entre fallos (TMEF) y el tiempo medio de reparación (TMPR), los cuales se consideraron como las dimensiones para nuestra variable disponibilidad, lo cual indica que el equipo está listo para operar continuamente. De esta manera también lo menciona (Suazo, 2013) quien determina a los indicadores de cada una de las dimensiones antes mencionadas; los cuales son para TMEF, el total de horas trabajadas entre el número de averías, y para la segunda dimensión TMPR; los indicadores son, el total de horas de reparación entre el número de intervenciones y finalmente para hallar la disponibilidad se calcula con la siguiente fórmula:

$$\text{Disponibilidad} = (\text{TMEF} / \text{TMEF} + \text{TMPR}) \times 100\%$$

Además, la literatura con patrones mundiales nos indica que si un equipo está por encima o igual al 90% tiene una óptima disponibilidad y es lo que se debería esperar; y, por el contrario, si está por muy debajo de 90% tiene una baja

disponibilidad.

Pero para nuestra investigación hacemos referencia en la disponibilidad de equipos industriales, específicamente a las bombas centrífugas, es por ello que vamos a definir un poco a cerca de este equipo.

Para el autor (Martín, 2012) menciona que una bomba centrífuga es un equipo que es usado en instalaciones hidráulicas donde su principal función es poder suministrar un caudal de agua y poder circularla hasta un punto terminal con la presión necesaria; lo cual coincide con (Tinoco, 2014) quien también define a una bomba centrífuga como una máquina donde su principal función es poder transferir energía impulsando una corriente de fluido que se encuentra en una presión baja estática a un estado de mayor presión y es un conjunto de piezas dentro de una coraza.

Según se menciona en la revista web española Seguas en el año (2003) las partes principales de una bomba centrífuga son:

- La carcasa: Es la parte sólida que protege a todas las demás piezas y forma la estructura de la bomba centrífuga, el material es a base de hierro fundido o acero inoxidable, según su uso.
- Rodete: O también llamado impulsor, se usa para impulsar el agua y es una pieza móvil la cual va unido al eje.
- Difusor: Se encuentra dentro de la carcasa de la bomba y está compuesto por álabes fijos divergentes.
- Conductos de entrada y salida: Da paso por donde circulará el agua, el de salida es de impulsión y el de entrada funciona como succión.
- Cojinetes: O también llamado rodamientos, su función es sostener al eje.
- Motor: La pieza fundamental de una bomba centrífuga, ya es el que permite mover al eje y hacer movimientos al agua según su nivel de potencia.
- Panel de control: O también llamado tablero de control, lo que permite accionar a la bomba con sus diferentes funciones.
- Eje: Es la pieza que gira según la fuerza del motor, existen de 2 tipos según su posición, horizontal y vertical.

Para nuestro caso de estudio en el C.C. Real Plaza Cajamarca, la muestra de estudio son bombas centrífugas, pero de tipo vertical sumergibles, es por ello que se

investigó un poco más a profundidad acerca de este tipo de bombas. Es por ello que (Debem, 2022) que es una empresa italiana dedicados a la construcción de bombas industriales con más de 40 años de experiencia, explican que las bombas donde el motor se encuentra por encima del eje y éste se encuentra en sentido vertical, son bombas centrífugas verticales donde se encuentran sumergidas en el fondo de algún pozo, donde su principal función es poder elevar el agua con el fin de expulsarla. Este tipo de bombas son las que ocupan menor espacio a comparación de las bombas horizontales.

Las bombas centrífugas verticales sumergibles, al estar a baja profundidad siempre tiende a tener agua, por lo que puede trabajar sin problema en todo momento y no es tan urgente realizarle un cebado previo; sin embargo, el eje vertical que tienen, está guiado por los cojinetes, los cuales deben estar bien lubricados lo que incrementaría su vida útil a estos equipos, el mantenimiento es costoso y comprar un equipo nuevo suele ser más elevado, que el precio de una bomba centrífuga horizontal, según menciona (Oropeza, 2012)

Para nuestra segunda variable que es plan de mantenimiento basado en una toma de decisiones multicriterio, como parte de nuestra teoría general destacamos a la teoría de los juegos y a la teoría general de sistemas.

La teoría de juegos se basa en que todo individuo siempre está en una constante toma de decisiones a lo largo de su vida, teniendo que analizar cuál es la mejor opción que debe tomar, tomando en cuenta todos los agentes externos que puedan intervenir, esta teoría se asemeja a un estudio matemático donde lo usan para diversas ciencias como la economía, biología, psicología, entre otros, según lo menciona (Navarro, 2021) y la teoría general de sistemas nos menciona que para conformar un todo es necesario que todas las partes se sumen y se complementen entre sí, ya que de manera individual cada una de las partes no podrían funcionar igual, esta teoría tomó mayor impulso a partir del siglo XX, según lo menciona (Moreno, 2021).

También se consideraron como parte de nuestra base teórica algunas definiciones conceptuales, comenzando a definir que es un plan de mantenimiento.

Se le llama plan de mantenimiento industrial al conjunto de acciones que se

realizan con el fin de identificar, corregir o prevenir fallas en los equipos de una industria o empresa para que continúen realizando sus funciones sin alguna interrupción, es por ello que es de mucha importancia hoy en día para las organizaciones ya que así no se detiene su productividad, por el contrario, un buen plan ayuda a mantenerlo o mejorarlo, según (Cansino, 2015). Así mismo, (Romero, 1996) lo define como el conjunto de acciones que se programan en un determinado tiempo, donde se usa una herramienta de apoyo más analítica para potenciar los procesos en una industria a nivel operativo y se determina los recursos que se emplearan en dicho mantenimiento, tomando en cuenta factores internos y externos los cuales se determinan por múltiples criterios para una toma de decisión con una visión más amplia.

Los problemas más comunes que se dan en un mantenimiento en equipos industriales según (Lantz, 2020), son:

- No saber identificar; es decir, no contar con el personal adecuado para la rápida identificación de donde se encuentra la falla en un equipo.
- No saber diferenciar la causa – efecto; es decir, cuando se detecta alguna anomalía no tener la capacidad de diferenciar que es lo que originó el fallo, es decir la causa del problema, para no volver a repetir lo mismo.
- No contar con los recursos necesarios, para todo mantenimiento se deben considerar recursos ya sean económicos y materiales los cuales son indispensables para un correcto mantenimiento.
- No tener claro cuáles son los objetivos que se desean alcanzar, ya que son una determinación clara que permite saber qué camino seguir, estableciendo así parámetros e indicadores para medir el progreso o avance.

Según (Vedan, 2022), quien es diseñador industrial menciona que el PCM (Planificación y Control del Mantenimiento) es una práctica que se usa para la gestión de activos de equipos industriales mayormente, lo que se busca es incrementar la disponibilidad y la capacidad de control de los equipos. Para ello menciona que es necesario contar con 3 elementos claves:

- Personas: El personal debe ser el mejor, teniendo un buen ambiente laboral

y estar en constantes capacitaciones sobre el manejo de los equipos.

- Procesos: Etapa donde se evalúa el proceso de los equipos controlando el nivel de disponibilidad de cada uno.
- Activos: Se debe optimizar los activos, realizando una correcta planificación.

Ahora continuando con las definiciones de las variables en estudio, definimos que es el análisis multicriterio, es un método que sirve como orientación en la toma de decisiones en base a diferentes criterios a considerar, usado comúnmente para proyectos o evaluaciones. Este método viene desde muchos años atrás, desde 1970 aproximadamente, era conocido como la ayuda multicriterio a la decisión, hasta la actualidad que se ha convertido en una herramienta para la investigación científica. (European Union, 2022)

Un análisis multicriterio es un proceso que tiene varias etapas donde se identifican principalmente 6 etapas (se detalla en un cuadro en anexos), según lo menciona (Sánchez, 2010), sin dejar de lado el criterio económico y medio ambiental, los cuales forman parte de las dimensiones de nuestra variable plan de mantenimiento basado en la toma de decisiones multicriterio.

Para aplicar un plan de mantenimiento es importante realizar un análisis de costo beneficio porque nos brinda la información necesaria para saber si es rentable o no realizar dicho plan o proyecto y se aplica a toda empresa ya sea pública o privada y nos ayuda a tomar mejores decisiones tal y como lo menciona (Rodrigues, 2023).

Según (Mancuzo, 2022) los costos de mantenimiento hay de varios tipos, por ejemplo tenemos a los costos directos, los cuales van dirigidos a la conservación del funcionamiento de los equipos, mientras que los costos indirectos son los que se emplean para restaurar o arreglar fallas imprevistas que se presentan en los equipos.

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

Tipo de investigación

El tipo de investigación fue aplicada, ya que se tomó en cuenta lo que menciona (Arias, 2020) donde indica que este tipo de investigación toma como base conocimientos ya establecidos para ponerlos en la práctica y resolver problemas que se presentan en nuestro entorno, y poder crear nuevos conocimientos que puedan mejorar la problemática, en este caso la operatividad de equipos del centro comercial.

Además, nuestra investigación es cuantitativa, ya que es una investigación donde se usaron datos numéricos usando análisis estadísticos y porcentajes que nos permitirán obtener resultados medibles, es así como lo describe este tipo de investigación (Banco Santander S.A., 2021) .

Diseño de investigación

El diseño de investigación es no experimental, porque las variables no se someterán a ninguna modificación, tal y como lo define (Palella Stracuzzi, y otros, 2012) quienes señalan que el diseño no experimental se da sin manipular ninguna variable, sólo se observan los hechos tal y como se presentan en un determinado momento y en un contexto real para luego analizar los mismos, ya que se realizó el diseño de un plan de mantenimiento en base a la información inicial de la empresa.

El estudio que se realizó fue transversal de tipo descriptivo, ya que la presente investigación se realizó en un determinado tiempo que fue en el año 2023 y de tipo descriptivo porque según lo define (Coll, 2020) porque se evalúa de manera cómo se dan los hechos sobre un determinado tema de estudio.

3.2. Variables y operacionalización

Variable 1: Disponibilidad

Nuestra variable dependiente que es la disponibilidad, la cual es definida como el nivel de confianza que se tiene sobre un equipo para que realice todas sus funciones dentro de su tiempo establecido, además que es objeto de estudio de manera

primordial en un mantenimiento realizado a equipos industriales. (Mesa, y otros, 2006)

La definición operacional de la variable disponibilidad, matemáticamente se mide entre el tiempo medio entre fallos (TMEF) y el tiempo medio de reparación (TMPR), lo cual indica que el equipo está listo para operar continuamente, según lo menciona (Mesa, y otros, 2006)

Variable 2: Plan de mantenimiento basado en la toma de decisiones multicriterio

Es el conjunto de acciones que se programan en un determinado tiempo, donde se usa una herramienta de apoyo más analítica para potenciar los procesos en una industria a nivel operativo y se determina los recursos que se emplearan en dicho mantenimiento, tomando en cuenta factores internos y externos los cuales se determinan por múltiples criterios para una toma de decisión con una visión más amplia. (Romero, 1996)

Una definición operacional para dicha variable, según se menciona en (European Union, 2022) en una de las etapas de la toma de decisiones en un análisis multicriterio basándonos en un plan de mantenimiento se toman en cuenta criterios económicos y medioambientales, entre otros, los cuales nos permiten medirlos de una manera más técnica y de fácil adaptación.

3.3. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis

Población:

La población estuvo conformada por 7 bombas centrífugas que son el total de bombas centrífugas que cuenta el C.C. Real Plaza Cajamarca.

- **Criterios de inclusión:** Se tomó en consideración como criterio de inclusión a todas las bombas centrífugas que cuenten con una potencia de 7.5 HP, es decir son las bombas de mayor capacidad que cuenta el C.C. Real Plaza Cajamarca, por ende, las de mayor consumo eléctrico.
- **Criterios de exclusión:** Se tomó en consideración como criterio de exclusión a todas las bombas centrífugas que cuenten con una potencia menor a 7.5 HP

que se encuentran en el C.C. Real Plaza Cajamarca, por ende, las de menor consumo eléctrico.

Muestra:

La muestra fue un total de 3 bombas centrífugas.

Muestreo:

El muestreo realizado fue no probabilístico por conveniencia.

Unidad de análisis:

1 bomba centrífuga

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnicas de recolección de datos

La técnica de recolección de datos que se usó en la presente investigación fue el análisis documental, para ambas variables.

Instrumentos de recolección de datos

El instrumento que se utilizó para la recolección de datos en la investigación fue la ficha de registro que fue de elaboración propia por el autor de la investigación, para ambas variables.

3.5. Procedimientos

Para poder realizar este proyecto de investigación, se empezó solicitando el permiso de autorización del uso del nombre de la entidad privada, en este caso del Centro Comercial Real Plaza Cajamarca y el permiso para la obtención y uso de su información del C.C., lo cual fue solicitado al Gerente del Mall y se obtuvo una respuesta afirmativa y dicho documentos firmados se encuentran en el anexo “autorización del uso de información de la empresa”, logrando obtener todos los permisos correspondientes. Luego se procedió a la recopilación de datos mediante fichas de registro que fueron elaboradas por propia autoría donde se muestra explícitamente cada una de ellas con los datos obtenidos en los anexos “instrumento de recolección de datos – variable disponibilidad” y “ instrumento de recolección de datos – criterio económico”, las cuales se usaron para obtener los datos para todos nuestros indicadores de ambas variables para cada una de las bombas centrífugas en

estudio. Después se plasmaron los resultados de cada objetivo mediante tablas de Excel con su respectiva interpretación para hacer la investigación más manejable y sea fácil de interpretar, donde finalmente se plasmó la investigación final cumpliendo con todos los parámetros y criterios que exige la Universidad para su elaboración.

3.6. Método de análisis de datos

Para la recolección de datos se usó como instrumento la ficha de registro, una vez recopilada la información se procedió al análisis de la información usando las hojas de cálculo de Microsoft Excel, usando tablas y gráficos que se usaron para la mejor interpretación de resultados.

3.7. Aspectos éticos

Para la presente investigación se cumplieron los requerimientos que exige la Universidad, como es la autorización legal del uso de información y uso del nombre de la entidad por parte del representante legal o gerente para la elaboración de la tesis, los cuales se encuentran firmados y registrados en anexos.

Además, con el fin de mostrar la transparencia de la información, toda la investigación se pasó por el programa de anti plagio Turnitin obteniendo un porcentaje menor al mínimo establecido por la Universidad, el cual se encuentra en el anexo “similitud de Turnitin”, con la finalidad de reconocer los derechos de autor y evidenciar la legitimidad de la investigación.

IV. RESULTADOS

Primer Objetivo Específico: Evaluar la disponibilidad actual de las bombas centrífugas del C.C. Real Plaza Cajamarca.

Tabla 1. Porcentaje de disponibilidad de bombas centrífugas.

	DISPONIBILIDAD		
	BOMBA 1	BOMBA 2	BOMBA 3
1° TRIMESTRE	84%	88%	79%
2° TRIMESTRE	81%	86%	86%
3° TRIMESTRE	74%	74%	83%
4° TRIMESTRE	81%	88%	87%
TOTAL ANUAL	82%	87%	83%

Interpretación:

Finalmente logramos hallar el nivel de disponibilidad de cada una de las bombas centrífugas; para ello, hallamos el TMEF y el TMPR para cada una de las bombas, lo cual se encuentra en anexos. Y es así que se obtuvo la disponibilidad de cada bomba centrífuga por trimestre tal y como se muestra en la Tabla 4, siendo el porcentaje anual de disponibilidad de la bomba centrífuga 1,2 y 3 del 82%, 87% y 83% respectivamente. Por lo que se puede concluir que las 3 bombas cuentan con una disponibilidad deficiente y baja por estar por debajo del 90%, según lo menciona (Suazo, 2013).

Segundo Objetivo Específico: Identificar los criterios relevantes para la toma de decisiones multicriterio en el plan de mantenimiento de las bombas centrífugas en el C.C. Real Plaza Cajamarca.

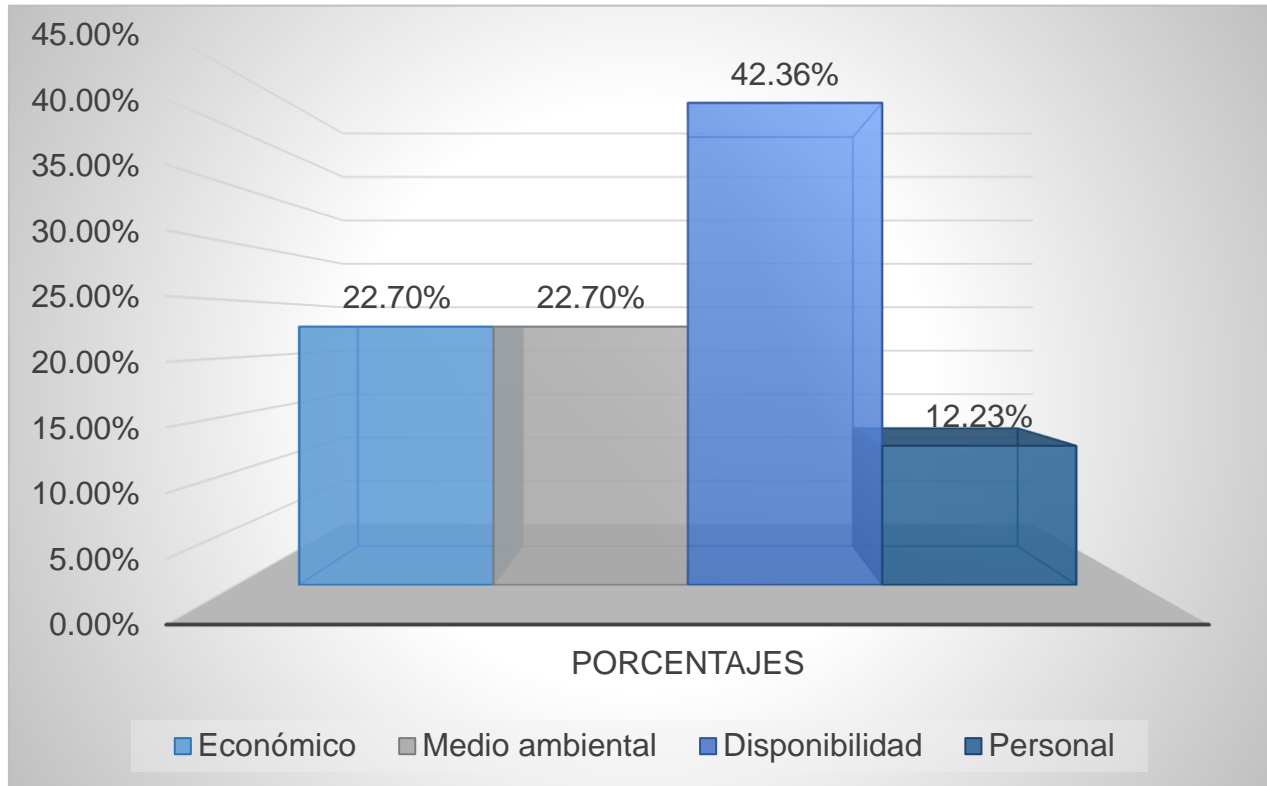
Tabla 2. Comparación de criterios bajo escala de evaluación con metodología AHP

ESCALA DE EVALUACIÓN				
	Económico	Medio ambiental	Disponibilidad	Personal
Económico	1	1	1/2	2
Medio ambiental	1	1	1/2	2
Disponibilidad	2	2	1	3
Personal	1/2	1/2	1/3	1

Interpretación:

En la tabla 6 se muestra la escala de evaluación de los criterios que se consideraron para la toma de decisiones; siendo éstos, criterio económico, medio ambiental, la disponibilidad y el personal; donde se tomó en cuenta el cuadro de valor de importancia conocida como “escala fundamental de Saaty” (se adjunta en anexos) usando la metodología AHP de sus siglas en inglés que significa Proceso de Jerarquía Analítica creada por (Saaty, 1980), para la toma de decisiones multicriterio.

Gráfico 1. Porcentajes de los criterios relevantes



Interpretación:

Finalmente se logra determinar el porcentaje de cada criterio para nuestra investigación, siendo el más relevante para la toma de decisiones multicriterio en un plan de mantenimiento, la disponibilidad, con un 42.36%, luego se observa un empate para los criterios económico y medio ambiental obteniendo para cada uno de ellos un 22.70% y por último pero no menos importante al criterio de personal con un porcentaje del 12.23%, tal y como se muestra en el gráfico 1.

Tercer Objetivo Específico: Evaluar la relación costo-beneficio del plan de mantenimiento basado en la toma de decisiones multicriterio para el C.C. Real Plaza Cajamarca.

Tabla 3. Cuadro de costos totales antes y después de la mejora con una proyección de 5 años, indicando el costo-beneficio

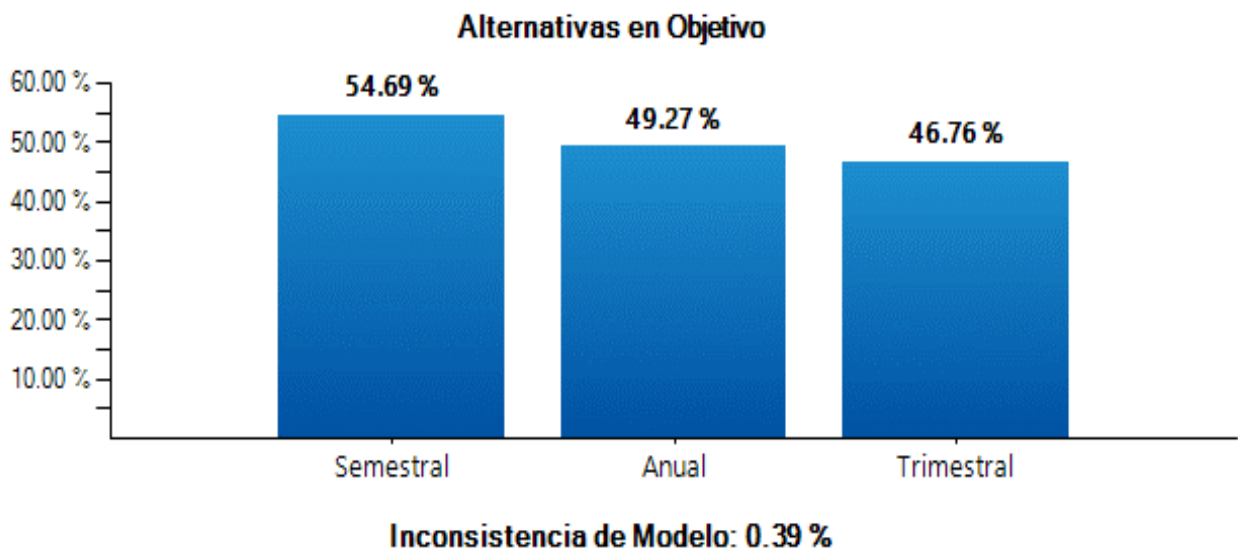
COSTO TOTAL					
MANTENIMIENTO	ANTES DE LA MEJORA	DESPUÉS DE LA MEJORA			
PREVENTIVO	S/ 2,445.00	S/ 4,890.00			
CORRECTIVO	S/ 10,082.10	S/ 692.10			
TOTAL	S/ 12,527.10	S/ 5,582.10			
AHORRO	S/ 6,945.00				
% COSTO BENEFICIO	55.4%				
PROYECCION 5 AÑOS					
AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	TOTAL
S/ 6,945.00	S/ 6,945.00	S/ 6,945.00	S/ 6,945.00	S/ 6,945.00	S/ 34,725.00

Interpretación:

Se logró obtener cual sería el ahorro para la empresa en términos económicos aplicando el plan de mantenimiento basado en una toma de decisiones multicriterio dando un ahorro de S/ 6,945.00 al año por las 3 bombas centrífugas, logrando obtener así el costo-beneficio que es del 55.4%, lo cual indicaría que es muy favorable para la empresa tomar acción, ya que realizando una proyección de 5 años se estaría obteniendo un ahorro de S/ 34,725.00, lo cual resulta muy beneficioso, obteniendo gran ventaja para la empresa y demostrando así que la aplicación de la investigación sería altamente rentable, ya que el costo beneficio es mayor a 50%.

Objetivo General: Diseñar un plan de mantenimiento basado en la toma de decisiones multicriterio para aumentar la disponibilidad de las bombas centrífugas en el C.C. Real Plaza Cajamarca.

Gráfico 2. Porcentajes de resultados para aplicar el plan de mantenimiento preventivo en el tiempo.



Interpretación:

Se realizó la simulación del plan de mantenimiento basado en la toma de decisiones multicriterio para aumentar la disponibilidad de las bombas donde se tomó muy en cuenta los criterios considerados y con el programa de simulación multicriterio de Total Decisión nos arrojó tal y como se muestra en el gráfico 4, que realizar un plan de mantenimiento de forma semestral sería lo más recomendable, ya que se obtuvo un 54.69% de importancia con una inconsistencia tan sólo del 0.39%, lo cual nos indica que si es menor al 10% es muy recomendable tomar esta opción como la mejor alternativa.

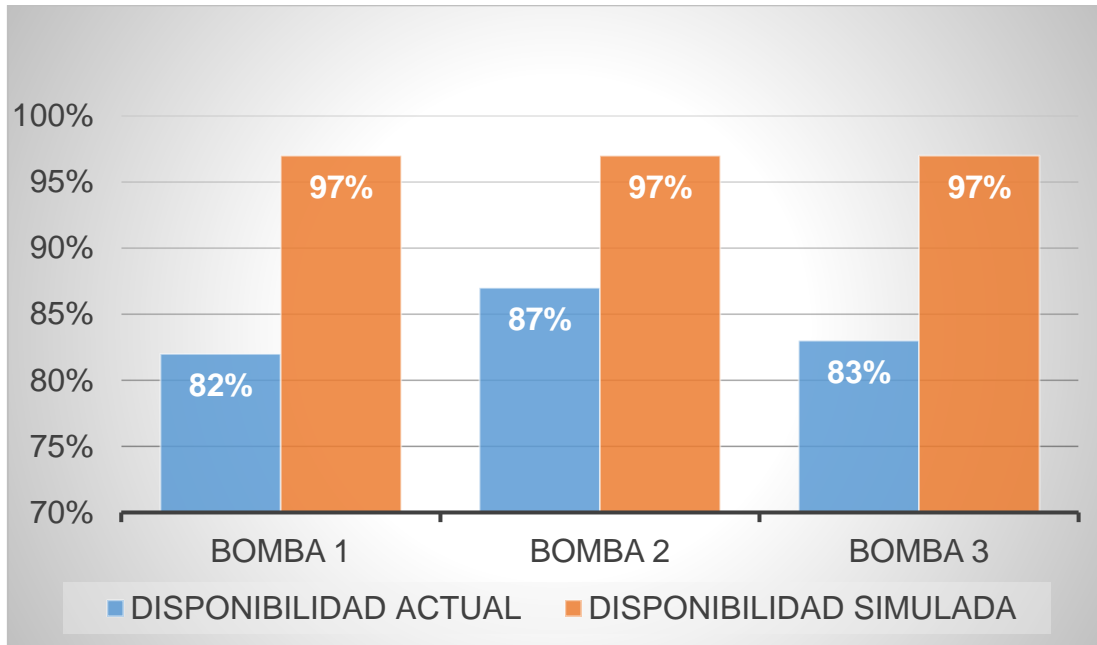
Tabla 4. Modelo de plan de mantenimiento

PLAN DE MANTENIMIENTO DE BOMBAS CENTRIFUGAS															
MANTENIMIENTO	FRECUENCIA			MESES											
ACCIONES	TRI	SEM	ANUAL	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
CAMBIO DE RODAMIENTOS			✓			✓									
CAMBIO DE ACEITE			✓			✓									
CAMBIO DE O-RING			✓			✓									
CAMBIO DE EMPAQUETADURA DE SUCCIÓN Y EXPULSIÓN			✓			✓									
VERIFICACIÓN /CAMBIO DE ITM DE CONTROL		✓				✓						✓			
VERIFICACIÓN /CAMBIO DE ITM DE FUERZA		✓				✓						✓			
VERIFICACIÓN /CAMBIO DE SELECTOR		✓				✓						✓			
VERIFICACIÓN /CAMBIO DE ELECTRONIVEL		✓				✓						✓			
PINTURA		✓				✓						✓			
VERIFICACIÓN DE RODAMIENTOS			✓									✓			
VERIFICACIÓN DE ACEITE			✓									✓			
VERIFICACIÓN DE O-RING			✓									✓			

Interpretación:

En la tabla 4 se muestra el plan de mantenimiento basado en una toma de decisiones multicriterio para aumentar la disponibilidad, indicando que se realice en los meses de Marzo y Setiembre, ya que en dichos meses fueron las fallas más recurrentes que se halló con el “instrumento de recolección de datos – criterio económico” de las 3 bombas centrífugas donde se detalla la descripción de la avería, indicando el tipo y la fecha de la falla; que se encuentra en Anexos y también apoyándonos con el calendarios de lluvias de Cajamarca (Anexos), es así que este plan ayudará a disminuir las fallas si se realizan correctamente las actividades según el cronograma establecido.

Gráfico 3. Comparación del nivel de disponibilidad actual vs disponibilidad simulada



Interpretación:

Finalmente se realizó la simulación para aumentar el nivel de disponibilidad, logrando así obtener un incremento de la disponibilidad de las 3 bombas centrífugas aplicando nuestro plan de mantenimiento basado en la toma de decisiones multicriterio. Como se observa en el gráfico 5, la disponibilidad actual de las 3 bombas centrífugas fue del 82%, 87% y 83%, logrando aumentar la disponibilidad en 15, 10 y 14% respectivamente, dando un nivel de disponibilidad simulada del 97% para las 3 bombas centrífugas.

V. DISCUSIÓN

Como parte de nuestra investigación, en esta sección se ha tomado en consideración los resultados que se han obtenidos de nuestros objetivos, los cuales cuentan con un sustento teórico, donde se discuten dichos resultados con otros resultados que se mencionan en nuestros antecedentes, ya sea a nivel nacional como internacional, tomando en cuenta también las debilidades y fortalezas que se presentaron a lo largo de la investigación.

El primer objetivo específico fue evaluar la disponibilidad actual de las bombas centrífugas del C.C. Real Plaza Cajamarca, en base a ello se tomó en consideración la Norma Técnica Peruana 360.011:1976 (NTP, 2017) donde se explica acerca de la importancia que tiene realizar correctamente las especificaciones técnicas de las bombas y también se consideró como parte de nuestro sustento teórico a la norma internacional ISO 9906 que nos explica acerca del rendimiento de las bombas, lo cual tiene relación con la disponibilidad de las bombas centrífugas. Donde obtuvimos como resultados que la bomba centrífuga 1, 2 y 3 tuvieron un nivel de disponibilidad del 82%, 87% y 83% respectivamente.

La investigación realizada por (Hernandez, y otros, 2019) plantearon como parte de sus objetivos determinar la disponibilidad actual de equipos usados en una empresa de cerámicos donde su porcentaje de disponibilidad de estos equipos estaban por debajo del 95% considerándolos poco óptimos, lo cual coincide con nuestros resultados ya que ninguna bomba tampoco superaba el 95% de disponibilidad. De igual manera hallamos a (Aquino, y otros, 2020) quienes coinciden con nuestra investigación ya que también buscaban aumentar la disponibilidad de 3 equipos, determinando en primer lugar la disponibilidad actual de cada uno de ellos siendo del 80, 85 y 82% respectivamente para cada equipo, lo cual tiene coincidencia con nuestros resultados del primer objetivo específico ya que ninguna de los equipos superaba el 90%.

Dentro de las fortalezas encontradas fue fácil poder recolectar la información para hallar nuestro primer objetivo específico con ayuda de los instrumentos de recolección de datos ya que actualmente me encuentro laborando en el C.C. donde se

encontró la problemática de estudio.

También se presentaron algunas debilidades como el desconocimiento que se tuvo en un inicio para poder determinar los indicadores de nuestra variable que fue la disponibilidad, pero luego se hizo las correcciones respectivas.

En nuestro segundo objetivo específico se buscó identificar los criterios relevantes para la toma de decisiones multicriterio en el plan de mantenimiento de las bombas centrífugas en el C.C. Real Plaza Cajamarca, donde se tomó en consideración lo mencionado en el (Código Nacional de Electricidad, 2006) numeral 020-012 donde indica que en toda instalación, operación y mantenimiento de equipos eléctricos se debe priorizar el cuidado y conservación del medio ambiente, así mismo también se tomó en cuenta el numeral 020-014 del CNE que indica que toda instalación eléctrica debe ser dada por personal correctamente capacitado para la manipulación de estos equipos industriales.

Los resultados que se obtuvieron para este segundo objetivo específico fue que el criterio más relevante para la toma de decisiones multicriterio fue la disponibilidad con un porcentaje del 42.36%, el criterio medio ambiental y el criterio económico obtuvieron un porcentaje del 22.70% y finalmente el criterio considerado de personal obtuvo un 12.23%, usando únicamente la metodología multicriterio de AHP.

Sin embargo, encontramos una investigación realizada en Colombia por (Lores, 2021) donde también buscaba realizar una evaluación multicriterio, pero a diferencia de esta investigación donde sólo fue necesario usar una metodología, la de AHP, Lores usó 4 metodologías multicriterio incluyendo a la de AHP, considerando que usar varias metodologías fue la mejor opción. Pero a diferencia de (Jave, y otros, 2021) que realizaron su investigación en la ciudad de Chiclayo, coinciden con nuestra investigación ya que también emplearon la técnica de multicriterio AHP para la toma de decisiones ya que buscaban optimizar el nivel de productividad con los equipos en una cantera, considerando criterios de precio de alquiler, capacidad y tasa de producción.

Como parte de las fortalezas que se presentaron para el desarrollo de este segundo objetivo específico fue que en la actualidad existen varios programas que te brindan apoyo para la toma de decisiones multicriterio con software que usan varias

metodologías entre ellas la metodología AHP.

Además, como parte de las debilidades encontradas fue que no tenía el conocimiento del manejo de estos programas, lo cual me llevó más tiempo en poder aprender a usar estas herramientas con la ayuda de tutoriales.

Para el tercer objetivo específico que fue evaluar la relación costo-beneficio del plan de mantenimiento basado en la toma de decisiones multicriterio para el C.C. Real Plaza Cajamarca, se tomó en consideración la teoría de juegos (Forbes Nash, 1950) que hoy en día es una de las ramas de la economía donde se explica que un individuo siempre debe tomar decisiones y debe evaluar las alternativas, escogiendo la que le brinde el mayor beneficio y pueda maximizar ganancias. Actualmente es una teoría estudiada por diversas carreras como psicología, medicina, ingenierías e incluso es una de las más usadas por los gerentes de empresas que buscan optimizar ganancias.

Como resultado para este tercer objetivo específico, se obtuvo que la relación costo-beneficio fue del 55.4%, siendo favorable para el C.C. ya que se obtendrían ahorro de S/. 6,945 al año.

De esta manera hallamos que (Chavez, 2021) en su investigación realizada en el Callao – Lima, realizó un plan de mantenimiento de tipo preventivo donde buscaba mejorar la disponibilidad de equipos en una empresa pesquera, donde al igual que en nuestra investigación se tuvo que hacer un análisis del costo – beneficio del plan coincidiendo con nuestra investigación, ya que logró obtener un margen positivo del 78% generando un ahorro de S/. 31,680.

Como parte de las fortalezas encontradas fue que logró obtener los precios de las cotizaciones solicitadas, además se puso conocer con que tipos de marcas de repuestos trabajaban las empresas consultadas, teniendo así mayor conocimiento respecto a marcas, tipos de calidades y precios para poder realizar una buena gestión de costos para el plan de mantenimiento.

Una de las principales debilidades fue que las empresas para poder cotizar precios no se encontraban en la ciudad de Cajamarca, por lo que fue más difícil tener comunicación con ellas ya que se mandaba correos o llamadas telefónicas y el tiempo de espera en enviar los precios cotizados era muy largo.

Finalmente el presente trabajo de investigación tuvo como objetivo general

diseñar un plan de mantenimiento basado en la toma de decisiones multicriterio para aumentar la disponibilidad de las bombas centrífugas en el C.C. Real Plaza Cajamarca, donde se tomó en consideración a la Teoría General de Sistemas (Bertalanffy, 1950), donde se explica básicamente que es más importante el total que la suma de las partes, esto quiere decir que las partes por sí solas no funcionan bien y no nos darán mejores resultados si trabajamos en conjunto considerando la intervención de más agentes ya sea para la toma de alguna decisión, elaborar un plan o alguna estrategia de negocio.

Donde finalmente se diseñó el plan de mantenimiento basado en el análisis multicriterio, logrando aumentar la disponibilidad de las 3 bombas centrífugas a un 97% de disponibilidad, obteniendo un aumento en la disponibilidad del 15, 10 y 14% respectivamente para cada una de ellas, siendo resultados positivos y óptimos para la investigación, logrando cumplir con nuestro objetivo general.

Así mismo se halla a (Chunga, y otros, 2022) quienes coincide con nuestro objetivo general, ya que ellos también buscaban realizar un plan de mantenimiento considerando las decisiones multicriterio para aumentar la disponibilidad de equipos industriales, logrando aumentar del 92 al 97% la disponibilidad de sus equipos

De igual manera hallamos a (Orbegoso, 2022) que también buscaba aumentar la disponibilidad de equipos bajo un análisis multicriterio pero a diferencia de nuestra investigación, él también buscaba incrementar la confiabilidad de estos equipos, lo cual no coincide con nuestra investigación ya que él usó en su muestra de estudio a 7 equipos y sólo tomó en consideración 3 criterios para su toma de decisiones que fue la gestión e indicadores de mantenimiento y costos, mientras que en esta investigación se tomó en cuenta 4 criterios y se trabajó con una muestra de sólo 3 equipos, pero finalmente Orbegoso logró cumplir con el objetivo al igual que en esta investigación, ya que logró aumentar la disponibilidad del 84 al 92% y la confiabilidad del 84 al 98%.

Dentro de las fortalezas para el diseño del plan de mantenimiento basado en la toma de decisiones multicriterio, fue que desde un inicio se pudo conseguir la autorización del uso de información por parte del Gerente del Mall y con dicha información se pudo realizar los cálculos correspondientes y así lograr lo que se necesitaba principalmente que era poder aumentar la disponibilidad de las bombas

centrífugas en una simulación.

De igual manera también se hallaron debilidades en la ejecución del objetivo general, que fue básicamente que no se podía descargar algunos softwares que permiten realizar una simulación de disponibilidad con equipos industriales, ya que la computadora con la que se realizó la investigación es de muy baja capacidad y los mejores programas eran de mayor peso; existían algunos programas de menor capacidad, pero eran muy simples y no cumplían con lo que se requería.

VI. CONCLUSIONES

PRIMERA: De acuerdo a nuestro primer objetivo específico que fue evaluar cual es el estado actual de disponibilidad de las 3 bombas centrífugas en el C.C. Real Plaza, se obtuvo que la bomba centrífuga 1 contaba con una disponibilidad del 82%, la bomba centrífuga 2 con un 87% y la última bomba centrífuga tenía un 83% de disponibilidad, considerando que se encuentran con un bajo nivel de disponibilidad por estar por debajo del 90%.

SEGUNDA: En cuanto a la identificación de los criterios más relevantes para la toma de decisiones multicriterio, que fue parte de nuestro segundo objetivo específico, para el plan de mantenimiento, se obtuvo como resultado que los criterios a considerar fueron 4: criterio económico, medio ambiental, disponibilidad y personal, siendo la disponibilidad el criterio que obtuvo el mayor porcentaje de acuerdo a relevancia con un 42.66%. Dichos resultados se obtuvieron con la ayuda del programa de análisis multicriterio Total Decisión.

TERCERA: Nuestro tercer objetivo específico fue evaluar la relación costo beneficio del plan de mantenimiento basado en la toma de decisiones multicriterio, obteniendo como respuesta que aplicando nuestra propuesta del nuevo plan obtendrían un margen positivo del costo beneficio del 55.4%, obteniendo un ahorro de S/. 6,945 por año y si se proyecta a 5 años se obtendrían un ahorro de S/. 34,725, siendo muy beneficioso para el C.C.

CUARTA: Finalmente, se realizó el diseño de un plan de mantenimiento basado en la toma de decisiones multicriterio donde se logró simular el aumento de la disponibilidad de las 3 bombas centrífugas elevándolas a un 97% de disponibilidad, siendo el incremento del 15, 10 y 14% respectivamente para cada bomba, determinando que se realice un mantenimiento preventivo de las bombas de manera semestral, es decir, 2 veces al año y de esta manera se disminuirá el mantenimiento correctivo que es la que genera mayor gasto a la empresa.

VII. RECOMENDACIONES

Después de haber obtenidos los resultados de manera clara, precisa y objetiva, se plantean algunas recomendaciones para que puedan ser tomadas en cuenta para el establecimiento donde se consideró la problemática en estudio.

PRIMERA: A los encargados del área de mantenimiento del C.C. Real Plaza Cajamarca, se les recomienda tener un mayor control y monitoreo del funcionamiento y fallas que pueden llegar a presentar las bombas centrífugas mediante formatos preestablecidos donde sólo se coloquen los valores para que se determine de manera automática el porcentaje de disponibilidad con su respectiva fórmula, y lograr así tener igual o mayor porcentaje al 90% de disponibilidad de cada una de las bombas.

SEGUNDA: El criterio con mayor relevancia sería la disponibilidad; sin embargo, se le recomienda al jefe de operaciones no dejar de lado los demás criterios como son: el criterio económico, el cual es la base para mantener una buena salud financiera en la empresa, el criterio medio ambiental, para contribuir al cuidado de los recursos naturales y evitar contaminación de suelo y agua y finalmente el criterio de personal, donde es importante mantener un equipo de trabajo sólido y bien capacitado.

TERCERA: Al gerente se le recomienda poner en práctica el presente plan de mantenimiento ya que se tomó en consideración un análisis multicriterio, la cual brindaría al C.C. un costo-beneficio del 55.4%, siendo mayor al 50% lo cual indica que es un beneficio altamente favorable, obteniendo un ahorro al año de S/. 6,945, los cuales podrían ser usados en otras implementaciones de mejora.

CUARTA: Finalmente se les recomienda al gerente y al jefe de operaciones tomar en cuenta el presente plan de mantenimiento y realizarlo de manera semestral ya que así se estará tomando en cuenta los criterios medio ambientales, de personal y económicos que brindarán un mayor ahorro y beneficio financiero a la empresa logrando así tener sus equipos en óptimas condiciones y con la mayor disponibilidad para que puedan trabajar sin tener problemas a futuro.

REFERENCIAS

AQUINO, Walter y ATALAYA, Steve. 2020. *DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA MEJORAR LA DISPONIBILIDAD DE EQUIPOS DE LA EMPRESA GLOBALTRUCK E.I.R.L- 2018-2019.* Cajamarca : Facultad de Ingeniería - UPN, 2020.

ARÉVALO, David. 2022. *Evaluación de los principales parámetros de la bomba de ariete para mejorar su funcionamiento.* Cuenca - Ecuador : Universidad de Cuenca , 2022.

ARIAS, Enrique. 2020. *Investigación Aplicada.* s.l. : Economipedia, 2020.

Asset management — Overview, principles and terminology. **ISO, NORMAS. 2014.** INTERNATIONAL STANDARD : s.n., 2014. ISO 55000:2014(E).

BANCO SANTANDER S.A. 2021. *Investigación cualitativa y cuantitativa: características, ventajas y limitaciones.* 2021.

BEMBIBRE, Cecilia. 2014. *Definición de disponibilidad.* s.l. : Definición ABC, 2014.

BERTALANFFY, Ludwing von. 1950. *General Systems Theory.* Australia : s.n., 1950.

CANSINO, Elvis. 2015. *Elaboración de un plan de mantenimiento preventivo y seguridad industrial para la fábrica minera.* Quito - Ecuador : Escuela Politécnica Nacional, 2015.

CHAVEZ, Brian. 2021. *PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA MEJORAR LA DISPONIBILIDAD DE LOS EQUIPOS HIDRÁULICOS EN LA FLOTA DE UNA EMPRESA PESQUERA, LIMA 2021.* Callo : Universidad Nacional del Callao, 2021.

CHUNGA, José y VELASQUEZ, Frank. 2022. *Mantenimiento basado en toma de decisiones multicriterio para incrementar disponibilidad de equipos industriales en empresa de servicios alimentarios.* Trujillo : Universidad César Vallejo, 2022.

CÓDIGO NACIONAL DE ELECTRICIDAD. 2006. *Ministerio de Energía y Minas.* Lima - Perú : Dirección General de Electricidad, 2006.

COLL, Francisco. 2020. *Estudio Transversal.* s.l. : Economipedia, 2020.

DEBEM. 2022. *Horizontal or vertical: which is the right pump?* Italia : DEBEM S.R.L.,

2022.

EL PERUANO. 2017. *Aprueban Normas Técnicas Peruanas en su versión 2017, correspondientes a las materias de industrias manufactureras y cuero, calzado y derivados.* Lima - Perú : Diario Oficial del Bicentenario, 2017. INACAL/DN.

EUROPEAN UNION. 2022. *Evaluation methodological approach.* s.l. : Capacity4dev, 2022.

FORBES NASH, John. 1950. *Game Theory.* Estados Unidos : s.n., 1950.

HERNANDEZ, Luis y MALAVER, Jorge. 2019. *DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PARA INCREMENTAR LA DISPONIBILIDAD DE MÁQUINAS EN LA EMPRESA CERAMICOS CAJAMARCA S.R.L. - 2019.* Cajamarca : Facultad de Ingeniería - UPN, 2019.

HSE. 1982. *Health and Safety Executive.* Reino Unido : s.n., 1982.

JAVE, Jeffry y SANTA CRUZ, Luis. 2021. *Gestión Multicriterio para la Optimización de la Productividad en la Cantera RB, Ferreñafe.* Chiclayo : Facultad de Ingeniería y Arquitectura - UCV, 2021.

LANTZ, Thomas. 2020. *Cuatro problemas comunes de mantenimiento y cómo resolverlos.* México : Noria Latín América, 2020.

LÓPEZ, Sara y MERAYO, Antonio. 2014. *Mantenimiento: exposición y consecuencias.* Madrid : Servicio de Ediciones y Publicaciones del INSHT, 2014.

LORES, Juan Camilo. 2021. *Evaluación Multicriterio Para la Selección de Alternativas Descentralizadas para el Tratamiento de Agua y Saneamiento Básico de Zonas Rurales Colombianas.* Bogotá : Universidad Nacional de Colombia, 2021.

MANCUZO, Gabriel. 2022. *Costes de Mantenimiento: Tipos y Métodos de Cálculo.* s.l. : Compara Software, 2022.

MARTÍN, Guillermo. 2012. *MANUAL PARA EL DISEÑO DE UNA RED HIDRÁULICA DE CLIMATIZACIÓN.* Sevilla - España : Escuela Técnica Superior de Ingenieros, 2012.

MESA, Dairo, ORTIZ, Yesid y PINZÓN, Manuel. 2006. *LA CONFIABILIDAD, LA DISPONIBILIDAD Y LA MANTENIBILIDAD, DISCIPLINAS MODERNAS APLICADAS AL MANTENIMIENTO.* Pereira, Colombia : Scientia Et Technica,, 2006. 30.

MORENO, Marco Antonio. 2021. *¿Qué es la Teoría General de Sistemas?* México :

El Blog Salmón, 2021.

NAVARRO, Javier. 2021. *¿Qué es la teoría de juegos?* México : El Blog Salmón, 2021.

NTP. 2017. 360.011:1976. Lima - Perú : Diario Oficial El Peruano, 2017.

ORBEGOSO, Roberto. 2022. *Gestión de mantenimiento basado en análisis multicriterio para incrementar la disponibilidad y confiabilidad de equipos trackelss en la unidad minera MARSA.* Trujillo : Facultad de Ingeniería y Arquitectura - UCV, 2022.

OROPEZA, Victor. 2012. *Diseño, cálculo y selección de equipo de bombeo para la extracción de agua de pozo profundo en el municipio de Zimapán, Estado de Hidalgo.* Zimapán - México D.F. : Instituto Politécnico Nacional, 2012.

PALELLA STRACUZZI, Santa y MARTINS Pestana, Feliberto. 2012. *Metodología de la investigación cuantitativa.* Caracas : FEDUPEL, 2012. 87.

QUINDE, Bryan. 2020. *Mantenimiento preventivo: los 4 problemas más comunes en equipos industriales y cómo resolverlos.* Lima : Perú Construye, 2020.

RODRIGUES, Nancy. 2023. *Cómo realizar un análisis de costo-beneficio.* s.l. : Hubspot, 2023.

ROMERO, Carlos. 1996. *Análisis de las decisiones multicriterio.* Madrid : Paraninfo, 1996.

Rotodynamic pumps — Hydraulic performance acceptance tests — Grades 1, 2 and 3.

ISO, NORMAS. 2012. 2, 2012. ISO 9906:2012.

SAATY, Thomas. 1980. *Analytic Hierarchy Process (AHP).* 1980.

SANCHEZ, Alfonso. 2020. *Fiabilidad, Confiabilidad, Disponibilidad y Mantenibilidad, definiciones parecidas pero conceptos muy diferentes.* México : LinkedIn, 2020.

SÁNCHEZ, Ramiro. 2010. *El análisis multicriterio en la práctica.* Bolivia : Blogger, 2010.

SEGUAS. 2003. *Bombas centrífugas y su uso en instalaciones hidráulicas.* Zaragoza - España : Seguas Aire Comprimido y Frio Industrial S.L., 2003.

SUAZO, Lidvic. 2013. *8 indicadores de mantenimiento para la gestión de activos.* México : Tractian, 2013.

TINOCO, Andrés. 2014. *Laboratorio #1 Bombas Centrifugas.* Lima : Universidad Ricardo Palma, 2014.

VEDAN, Alex. 2022. *Todo lo que necesita saber sobre el PCM.* Ciudad de México : Tractian, 2022.

ANEXOS

MATRIZ DE CONSISTENCIA

TÍTULO: "Plan de mantenimiento de bombas centrífugas basado en la toma de decisiones multicriterio para aumentar su disponibilidad en C.C. Real Plaza Cajamarca, 2023"			
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	MÉTODO
¿Cómo aumentar la disponibilidad de las bombas centrífugas en el C.C. Real Plaza Cajamarca?	Diseñar un plan de mantenimiento basado en la toma de decisiones multicriterio para aumentar la disponibilidad de las bombas centrífugas en el C.C. Real Plaza Cajamarca.	Un plan de mantenimiento basado en la toma de decisiones multicriterio aumenta la disponibilidad de las bombas centrífugas en el C.C. Real Plaza Cajamarca	<p>Tipo: Aplicada - cuantitativa</p> <p>Diseño de investigación: No experimental - Transversal – Descriptivo</p>
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS		Variables
¿Cuál es el porcentaje actual de disponibilidad de las bombas centrífugas del C.C. Real Plaza Cajamarca?	Evaluar la disponibilidad actual de las bombas centrífugas del C.C. Real Plaza Cajamarca		<ul style="list-style-type: none"> - Disponibilidad - Plan de mantenimiento basado en la toma de decisiones multicriterio
¿Cuáles son los aspectos relevantes que se deben tomar en cuenta para la toma de decisiones multicriterio en un plan de mantenimiento de bombas centrífugas?	Identificar los criterios relevantes para la toma de decisiones multicriterio en el plan de mantenimiento de las bombas centrífugas en el C.C. Real Plaza Cajamarca.		<p>Población: 7 bombas centrífugas</p> <p>Muestra: 3 bombas centrífugas</p>
¿Cuál sería la relación costo-beneficio del plan de mantenimiento basado en la toma de decisiones multicriterio para la empresa?	Evaluar la relación costo-beneficio del plan de mantenimiento basado en la toma de decisiones multicriterio para el C.C. Real Plaza Cajamarca.		<p>Técnica: Análisis Documental</p> <p>Instrumentos: Ficha de registro</p>

MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN

VARIABLES DE ESTUDIO	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADORES	ESCALA DE MEDICION
VD Disponibilidad	La disponibilidad es el nivel de confianza que se tiene sobre un equipo para que realice todas sus funciones dentro de su tiempo establecido, además que es objeto de estudio de manera primordial en un mantenimiento realizado a equipos industriales. (Mesa, y otros, 2006)	La disponibilidad matemáticamente se mide entre el tiempo medio entre fallos (TMEF) y el tiempo medio de reparación (TMPR), según lo menciona (Meza, y otros, 2006)	Tiempo medio entre fallos (TMEF)	Total de horas trabajadas	De razón
				Número de averías para mantenimiento	De razón
			Tiempo medio de reparación (TMPR)	Total de horas de reparación	De razón
				Número de intervenciones	De razón
VI Plan de mantenimiento basado en la toma de decisiones multicriterio	Es el conjunto de acciones que se programan en un determinado tiempo, donde se usa una herramienta de apoyo más analítica para potenciar los procesos en una industria a nivel operativo y se determina los recursos que se emplearan en dicho mantenimiento, tomando en cuenta factores internos y externos los cuales se determinan por múltiples criterios para una toma de decisión con una visión más amplia. (Romero, 1996)	Según se menciona en (European Union, 2022) en una de las etapas de la toma de decisiones en un análisis multicriterio basándonos en un plan de mantenimiento se toman en cuenta criterios económicos y medioambientales, entre otros, los cuales nos permiten medirlos de una manera más técnica y de fácil adaptación.	CRITERIO ECONÓMICO	Coste de Mantenimiento por Valor de Reposición (CMVR)	De razón
			CRITERIO MEDIOAMBIENTAL	Cantidad del uso de recursos naturales	De razón
				Número de incidentes que impactan en el medio ambiente	De razón

INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS – VARIABLE DISPONIBILIDAD

Bomba Centrífuga 1

FICHA DE REGISTRO DE FALLAS Y TIEMPO DE REPARACIÓN																
BOMBA CENTRÍFUGA #1	ENE	FEB	MAR	TOTAL	ABR	MAYO	JUN	TOTAL	JUL	AGOS	SET	TOTAL	OCT	NOV	DIC	TOTAL
	I TRIMESTRE				II TRIMESTRE				III TRIMESTRE				IV TRIMESTRE			
Total de horas de lluvia	177.6	189.6	235.2	602.4	163.2	69.6	21.6	254.4	7.2	14.4	55.2	76.8	146.4	141.6	156	444
Horas Trabajadas	129.6	189.6	187.2	506.4	123.2	69.6	13.6	206.4	7.2	14.4	35.2	56.8	122.4	129.6	108	360
Total de Averías / Intervenciones	1	0	2	3	1	0	1	2	0	0	2	2	2	1	2	5
Total de Horas de Reparación	48	0	48	96	40	0	8	48	0	0	20	20	24	12	48	84
Fecha de la avería	20 Enero: (48H)		2 Marzo (24H), 22 Marzo (24H)		7 Abril: (40H)		20 Junio: (8H)				12 Set: (12H), 19 Set: (8H)		02 Oct: (14H) 18Oct: (10H)	20 Nov: (12H)	06 Dic: (24H), 28 Dic: (24H)	

INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS – VARIABLE DISPONIBILIDAD

Bomba Centrífuga 2

FICHA DE REGISTRO DE FALLAS Y TIEMPO DE REPARACIÓN																
BOMBA CENTRÍFUGA #2	ENE	FEB	MAR	TOTAL	ABR	MAYO	JUN	TOTAL	JUL	AGOS	SET	TOTAL	OCT	NOV	DIC	TOTAL
	I TRIMESTRE				II TRIMESTRE				III TRIMESTRE				IV TRIMESTRE			
Total de horas de lluvia	177.6	189.6	235.2	602.4	163.2	69.6	21.6	254.4	7.2	14.4	55.2	76.8	146.4	141.6	156	444
Horas Trabajadas	153.6	189.6	187.2	530.4	135.2	69.6	20.6	225.4	7.2	6.4	43.2	56.8	140.4	129.6	120	390
Total de Averías / Intervenciones	1	0	2	3	2	0	1	3	0	1	1	2	1	1	2	4
Total de Horas de Reparación	24	0	48	72	28	0	8	36	0	8	12	20	6	12	36	54
Fecha de la avería	2 Enero: (24H)		09 Mar: (14H) 23Mar: (10H)		3 Abril: (12H), 19 Abril: (16H)		12 Jun: (8H)			20 Agos: (8H)	7 Set.: (12 H)		22 Oct: (6H)	15 Nov: (12H)	08 Dic: (12H), 15 Dic: (24H)	

INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS – VARIABLE DISPONIBILIDAD

Bomba Centrífuga 3

FICHA DE REGISTRO DE FALLAS Y TIEMPO DE REPARACIÓN																
BOMBA CENTRÍFUGA #3	ENE	FEB	MAR	TOTAL	ABR	MAYO	JUN	TOTAL	JUL	AGOS	SET	TOTAL	OCT	NOV	DIC	TOTAL
	I TRIMESTRE				II TRIMESTRE				III TRIMESTRE				IV TRIMESTRE			
Total de horas de lluvia	177.6	189.6	235.2	602.4	163.2	69.6	21.6	254.4	7.2	14.4	55.2	76.8	146.4	141.6	156	444
Horas Trabajadas	129.6	149.6	195.2	474.4	155.2	51.6	11.6	218.4	7.2	10.4	46.2	63.8	126.4	128.6	132	387
Total de Averías / Intervenciones	2	2	2	6	1	1	1	3	0	1	1	2	2	1	1	4
Total de Horas de Reparación	48	40	40	128	8	18	10	36	0	4	9	13	20	13	24	57
Fecha de la avería	2 Enero: (22H) 17 Enero: (26H)	3 Feb: (16H), 15 Feb: (24H)	12 Marzo (18H), 30 Marzo (22H)		11 Abril: (8H)	8 Mayo: (18H)	2 Jun: (10H)			2 Agos.: (4H)	2 Set.: (9H)		10 Oct: (12H), 30 Oct: (8H)	12 Nov: (13H)	19 Dic (24H)	

TABLA DE RESULTADOS DE TMEF Y TMPR DE LAS 3 BOMBAS CENTRÍFUGAS

BOMBA CENTRÍFUGA #1	Total de horas trabajadas	Número de averías	Tiempo medio entre fallos (TMEF)	Total de horas de reparación	Número de intervenciones	Tiempo medio de reparación (TMPR)
1° TRIMESTRE	506.4	3	168.8	96	3	32
2° TRIMESTRE	206.4	2	103.2	48	2	24
3° TRIMESTRE	56.8	2	28.4	20	2	10
4° TRIMESTRE	360	5	72	84	5	17
TOTAL ANUAL	1129.6	12	94	248	12	20.7

BOMBA CENTRÍFUGA #2	Total de horas trabajadas	Número de averías	Tiempo medio entre fallos (TMEF)	Total de horas de reparación	Número de intervenciones	Tiempo medio de reparación (TMPR)
1° TRIMESTRE	530.4	3	176.8	72	3	24
2° TRIMESTRE	225.4	3	75.1	36	3	12
3° TRIMESTRE	56.8	2	28.4	20	2	10
4° TRIMESTRE	390	4	98	54	4	14
TOTAL ANUAL	1202.6	12	100.2	182	12	15.2

BOMBA CENTRÍFUGA #3	Total de horas trabajadas	Número de averías	Tiempo medio entre fallos (TMEF)	Total de horas de reparación	Número de intervenciones	Tiempo medio de reparación (TMPR)
1° TRIMESTRE	474.4	6	79.1	128	6	21.3
2° TRIMESTRE	218.4	3	72.8	36	3	12
3° TRIMESTRE	63.8	2	31.9	13	2	6.5
4° TRIMESTRE	387	4	96.8	57	4	14.3
TOTAL ANUAL	1143.6	15	76	234	15	16

INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS – CRITERIO ECONÓMICO

Bomba Centrífuga 1

FICHA DE REGISTRO DE CRITERIO ECONÓMICO - COSTO POR REPARACIÓN DE AVERÍAS

BOMBA CENTRÍFUGA #1	ENE	FEB	MAR	TOTAL	ABR	MAY	JUN	TOTAL	JUL	AGOS	SET	TOTAL	OCT	NOV	DIC	TOTAL
	I TRIMESTRE				II TRIMESTRE				III TRIMESTRE				IV TRIMESTRE			
Total de Averías / Intervenciones	1	0	2	3	1	0	1	2	0	0	2	2	2	1	2	5
Costo de reparación	S/ 180.50	S/ 0.00	S/ 775.90	S/ 956.40	S/ 120.00	S/ 0.00	S/ 109.90	S/ 229.90	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 199.00	S/ 199.00	S/ 757.40	S/ 100.00	S/ 185.50	S/ 1,042.90
Flete y traslado de herramientas	S/ 50.00	S/ 0.00	S/ 100.00	S/ 150.00	S/ 50.00	S/ 0.00	S/ 50.00	S/ 100.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 100.00	S/ 100.00	S/ 100.00	S/ 50.00	S/ 100.00	S/ 250.00
Total de costo de reparación	S/ 230.50	S/ 0.00	S/ 875.90	S/ 1,106.40	S/ 170.00	S/ 0.00	S/ 159.90	S/ 329.90	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 299.00	S/ 299.00	S/ 857.40	S/ 150.00	S/ 285.50	S/ 1,292.90
Descripción de la avería	Cambio de aceite		Rectificación de eje principal de impulsores - Cambio de rodamientos		Cambio de electro nivel		Empaquetaduras de succión y expulsión				Cambio de ITM de control, Cambio de selector.		Rectificación de anillos de impulsores, Cambio de sellos mecánicos.	Fabricación de chavetas para asegurar eje motor	Cambio de ITM de fuerza, Cambio de sellos mecánicos	

INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS – CRITERIO ECONÓMICO

Bomba Centrífuga 2

FICHA DE REGISTRO DE CRITERIO ECONÓMICO - COSTO POR REPARACIÓN DE AVERÍAS

BOMBA CENTRÍFUGA #2	ENE	FEB	MAR	TOTAL	ABR	MAY	JUN	TOTAL	JUL	AGOS	SET	TOTAL	OCT	NOV	DIC	TOTAL
	I TRIMESTRE				II TRIMESTRE				III TRIMESTRE				IV TRIMESTRE			
Total de Averías / Intervenciones	1	0	2	3	2	0	0	2	0	1	1	2	1	1	2	4
Costo de reparación	S/ 185.00	S/ 0.00	S/ 324.50	S/ 509.50	S/ 842.40	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 842.40	S/ 0.00	S/ 120.00	S/ 546.90	S/ 666.90	S/ 229.00	S/ 129.00	S/ 280.50	S/ 638.50
Flete y traslado de herramientas	S/ 50.00	S/ 0.00	S/ 100.00	S/ 150.00	S/ 100.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 100.00	S/ 0.00	S/ 50.00	S/ 50.00	S/ 100.00	S/ 50.00	S/ 50.00	S/ 100.00	S/ 200.00
Total de costo de reparación	S/ 235.00	S/ 0.00	S/ 424.50	S/ 659.50	S/ 942.40	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 942.40	S/ 0.00	S/ 170.00	S/ 596.90	S/ 766.90	S/ 279.00	S/ 179.00	S/ 380.50	S/ 838.50
Descripción de la avería	Refacción de eje de motor		Cambio de rodamientos, cambio de sellos mecánicos		Rectificación de anillos de impulsores, cambio de aceite					Cambio de electro nivel	Rectificación de eje principal de impulsores		Cambio de rodamientos	Cambio de selector	Cambio de aceite, Cambio de O-ring de asiento.	

INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS – CRITERIO ECONÓMICO

Bomba Centrífuga 3

FICHA DE REGISTRO DE CRITERIO ECONÓMICO - COSTO POR REPARACIÓN DE AVERÍAS

BOMBA CENTRÍFUGA #3	ENE	FEB	MAR	TOTAL	ABR	MAY	JUN	TOTAL	JUL	AGOS	SET	TOTAL	OCT	NOV	DIC	TOTAL
	I TRIMESTRE				II TRIMESTRE				III TRIMESTRE				IV TRIMESTRE			
Total de Averías / Intervenciones	2	2	2	6	1	1	1	3	0	1	1	2	2	1	1	4
Costo de reparación	S/ 757.4 0	S/ 409. 50	S/ 288.80	S/ 1,455.7 0	S/ 546.90	S/ 229.0 0	S/ 100. 00	S/ 875.90	S/ 0.00	S/ 120.00	S/ 129.00	S/ 249.00	S/ 195.50	S/ 180.5 0	S/ 90.00	S/ 466.00
Flete y traslado de herramientas	S/ 100.0 0	S/ 100. 00	S/ 100.00	S/ 300.00	S/ 50.00	S/ 100.0 0	S/ 50.0 0	S/ 200.00	S/ 0.00	S/ 50.00	S/ 50.00	S/ 100.00	S/ 100.00	S/ 50.00	S/ 50.00	S/ 200.00
Total de costo de reparación	S/ 857.4 0	S/ 509. 50	S/ 388.80	S/ 1,755.7 0	S/ 596.90	S/ 329.0 0	S/ 150. 00	S/ 1,075.9 0	S/ 0.00	S/ 170.00	S/ 179.00	S/ 349.00	S/ 295.50	S/ 230.5 0	S/ 140.00	S/ 666.00
Descripción de la avería	Rectificación de anillos de impulsores, cambio de sellos mecánicos	Cambio de aceite - Cambio de rodamientos	Refacción de eje de motor, empaquetaduras de succión y expulsión de agua.		Rectificación de eje principal de impulsor	Cambio de rodamientos	Cambio de o-ring de asiento.			Cambio de electro nivel	Cambio de selector		Cambio de sello mecánico, Fabricación de chavetas para asegurar eje motor.	Cambio de aceite	Cambio de ITM de fuerza	

CALCULO DE COSTO DE MANTENIMIENTO POR VALOR DE REPOSICIÓN

COSTO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO	1 VEZ AL AÑO
MANO DE OBRA	S/. 680
MATERIALES	S/. 35
REPUESTOS	S/. 100
TOTAL	S/. 815

VALOR DE EQUIPO NUEVO	Costo en soles
PRECIO DE BOMBA	S/ 12,500
INSTALACION DE BOMBA	S/ 1,000
TABLERO ELECTRICO	S/ 1,800
TOTAL	S/ 15,300

$$\text{CMVR} = \frac{(\text{COSTO DE MANTENIMIENTO} / \text{VALOR EQUIPO}) \times 100\%}{\text{VALOR EQUIPO}} = 5.3\%$$

CMVR dio un total de 5.3%, lo que significa que al ser menor de 6% - 10% se encuentra dentro de los parámetros para seguir realizando un mantenimiento en lugar de comprar un equipo nuevo, según (Suazo, 2013).

COTIZACIÓN DE PRECIO E INSTALACIÓN DE BOMBA NUEVA



SERVICIOS GENERALES
ELECTROCENTER E.I.R.L

"COMERCIALIZAMOS TODO TIPO DE EQUIPOS Y
MATERIALES ELÉCTRICOS ALTA CALIDAD"

RUC:20601997674

COTIZACIÓN
001-38

944617404 076-750001 @sgelectrocenterperu@gmail.com
Av. San Martín de Porres #1750 - Cajamarca

INFORMACIÓN DEL CLIENTE

SEÑOR (ES): ARMAS LEZMA LUIS ANTONIO
RUC/DNI: 47074807
FECHA: 2023-05-30

MONEDA: SOLES
VENDEDOR: ADMIN

Nº PEDIDO: 151

CONDICIONES COMERCIALES

VALIDEZ DE OFERTA: 30 DÍAS
CONDICIONES DE PAGO: CONTADO | DEPÓSITO
PRECIO: INC. IGV Y SE EXPRESA EN SOLES
ATENCIÓN: ÁREA DE COMPRAS

De acuerdo a su amable solicitud, le hacemos llegar nuestra mejor propuesta en la siguiente cotización.

Ítem	Código	Descripción	Unidad	P Unit	Importe
1	0	BOMBA SUMERGIBLE HIDROSTAL CO3Q - TB10 7.5 HP 3F-380V 4P	1	12,500.00	12,500.00
1	0	INSTALACIÓN DE BOMBA SUMERGIBLE HIDROSTAL CO3Q - TB10 7.5 HP 3F-380V 4P	1	1,000.00	1,000.00
1	0	TABLERO ELÉCTRICO	1	1,800.00	1,800.00
				TOTAL S/	15,300.00

INFORMACIÓN DE NUESTRAS CUENTAS PARA DEPÓSITO O TRANSFERENCIAS

Nº CUENTA: (CAJA TRUJILLO)
CTA, AHORROS:13232127100432
CCI:80201300232127100432
TITULAR : SERVICIOS GENERALES ELECTROCENTER E.I.R.L

COTIZACIÓN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

							COTIZACIÓN
							VER-01
CAJAMARCA 05 DE ABRIL DEL 2023							
SRES: Luis Armas Lezma							
DNI: 47074807							
ATENCION: Alex Vera Muñoz							
Me es grato dirigirme a Ud. Para saludarles cordialmente y así mismo presentarles mi cotización por los trabajos solicitados							
ITEM	DESCRIPCION	CANT	PRECIO	TOTAL			
1	Mantenimiento de bombas centrífuga pluvial de 7.5 HP	1	S/ 680.00	S/ 680.00			
2	Materiales		S/ 35.00	S/ 35.00			
3	Repuestos		S/ 100.00	S/ 100.00			
TOTAL				S/	815.00		
El monto total, incluye IGV							
El trabajo por mantenimiento de bombas comprende: mano de obra, materiales y accesorios para cambio. El mantenimiento de tablero eléctrico solo comprende mano de obra y aditivos(limpia contactos, WD40, trapo industrial) mas no cubre algún cambio de dispositivos en mal estado.							
RONAL GARCIA ROMERO ELECTRICISTA INDUSTRIAL EMAIL: ronal.garcia@outlook.com CEL: 991122501				ALEX VERA MUÑOZ ELECTROMECHANICO EMAIL: alexveramunoz9@gmail.com CEL:970231064			

COTIZACIÓN DE PRECIOS PARA MANTENIMIENTO CORRECTIVO

	COTIZACIÓN:	Nº 008-2023	BRINDAMOS LOS SERVICIOS
	Fecha:	miércoles, 10 de Mayo de 2023	CONSTRUCCION EN SISTEMA "DRYWALL"
	SEÑORES:	CENTRO COMERCIAL REAL PLAZA - CAJAMARCA	INYECCIÓN Y EXTRACCIÓN DE AIRE
	ATENCIÓN:	Ricardo Mendoza Rodriguez	SISTEMA AIRE ACONDICIONADO
RUC: <u>20529334711</u>			INSTALACIÓN PISO LAMINADO.
Av. Miguel de Cervantes Nro. 509 Bar. El Estanco - Cajamarca			ESCARCHADOS Y TEXTURAS.
Estimad@s: Atendiendo su amable solicitud es grato dirigirnos a ustedes, a efecto de poner en consideración la siguiente cotización por el servicio o productos con los precios que están dentro del mercado competente.			CARPINTERIA METALICA.
			MUEBLES EN MELAMINA.

OBRA: REPARACIÓN DE BOMBA CENTRÍFUGA

ITEM	DESCRIPCIÓN DEL SERVICIO / VENTA	CANT	PRECIO
	Mano de obra / Materiales: MOTOR DE 7HP.	----	-----
1	Cambio de rodamientos	1	S/ 180.00
2	Refacción de eje de motor.	1	S/ 178.90
3	Fabricación de chavetas para asegurar eje motor.	1	S/ 80.50
4	Cambio de sello mecánico.	1	S/ 65.00
5	Rectificación de eje principal de impulsores.	1	S/ 546.90
6	Rectificación de anillos de impulsores.	1	S/ 661.90
7	Cambio de o-ring de asiento.	1	S/ 86.90
8	Empaquetaduras de succión y expulsión de agua.	1	S/ 109.90
9	Cambio de electro nivel	1	S/ 120.00
10	Cambio de ITM de fuerza	1	S/ 90.00
11	Cambio de ITM de control	1	S/ 70.00
12	Cambio de selector	1	S/ 80.00
13	Cambio de aceite	1	S/ 180.50
14	Cambio de conductor de fuerza	1	S/ 60.90
15	Cambio de pulsadores	1	S/ 80.00
16	Cambio de contactor	1	S/ 60.90
17	Cambio de relé térmico	1	S/ 50.70
18	Flete por traslado de herramientas y materiales.	1	S/ 50.00
	Total sin IGV		S/ 2,753.00
	IGV (18%)		S/ 495.54
	Total con IGV		S/ 3,248.54

CUADRO DE SIMULACIÓN DE FALLAS Y TIEMPO DE REPARACIÓN – BOMBA CENTRÍFUGA 1, 2 Y 3

SIMULACIÓN DE FALLAS Y TIEMPO DE REPARACIÓN																
BOMBA CENTRÍFUGA 1,2 Y 3	ENE	FEB	MAR	TOTAL	ABR	MAY	JUN	TOTAL	JUL	AGO	SET	TOTAL	OCT	NOV	DIC	TOTAL
	I TRIMESTRE				II TRIMESTRE				III TRIMESTRE				IV TRIMESTRE			
	Total de horas de lluvia	177.6	189.6	235.2	602.4	163.2	69.6	21.6	254.4	7.2	14.4	55.2	76.8	146.4	141.6	156
Horas Trabajadas	177.6	189.6	235.2	602.4	163.2	69.6	3.6	236.4	7.2	14.4	55.2	76.8	146.4	141.6	132	420
Total de Averías / Intervenciones	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1
Total de Horas de Reparación	0	0	0	0	0	0	18	18	0	0	0	0	0	0	24	24
Descripción de fallas							Cambio de pulsadores								Cambio de relé térmico	

**CÁLCULO DE TMEF Y TMPR DE SIMULACIÓN DE LA DISPONIBILIDAD DE LAS
BOMBAS CENTRÍFUGAS 1, 2 Y 3**

BOMBA CENTRÍFUGA #1	Total de horas trabajadas	Número de averías	TMEF	Total de horas de reparación	Número de intervenciones	TMPR
TOTAL ANUAL	1335.6	2	668	42	2	21

BOMBA CENTRÍFUGA #2	Total de horas trabajadas	Número de averías	TMEF	Total de horas de reparación	Número de intervenciones	TMPR
TOTAL ANUAL	1335.6	2	668	42	2	21

BOMBA CENTRÍFUGA #3	Total de horas trabajadas	Número de averías	TMEF	Total de horas de reparación	Número de intervenciones	TMPR
TOTAL ANUAL	1335.6	2	668	42	2	21

DISPONIBILIDAD SIMULADA			
	BOMBA 1	BOMBA 2	BOMBA 3
TOTAL ANUAL	97%	97%	97%

SIMULACIÓN DE COSTOS DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO DE LAS BOMBAS CENTRÍFUGAS 1, 2 Y 3

SIMULACIÓN DE COSTO POR REPARACIÓN DE AVERÍAS																
BOMBA CENTRÍFUGA 1, 2 Y 3	ENE	FEB	MAR	TOTAL	ABR	MAY	JUN	TOTAL	JUL	AGO	SET	TOTAL	OCT	NOV	DIC	TOTAL
	I TRIMESTRE				II TRIMESTRE				III TRIMESTRE				IV TRIMESTRE			
Total de Averías / Intervenciones	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1
Costo de reparación	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 80.00	S/ 80.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 50.70	S/ 50.70
Flete y traslado de herramientas	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 50.00	S/ 50.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 50.00	S/ 50.00
Total de costo de reparación	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 130.00	S/ 130.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 100.70	S/ 100.70
Descripción de la avería							Cambio de pulsadores								Cambio de relé térmico	

CUADRO RESUMEN ANUAL DE SIMULACIÓN DE COSTOS DE REPARACIÓN

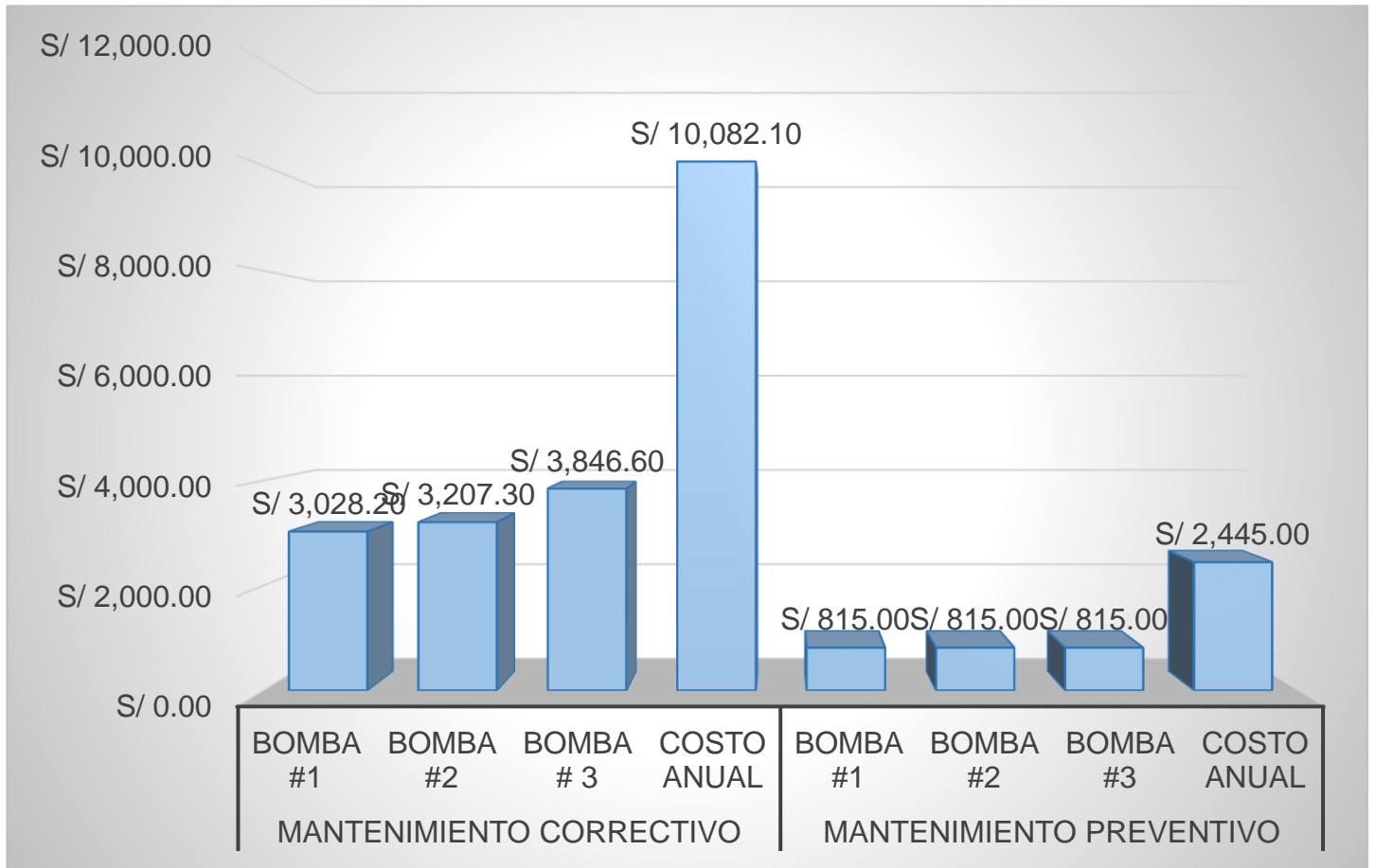
BOMBA CENTRÍFUGA #1	I TRIMESTRE	II TRIMESTRE	III TRIMESTRE	IV TRIMESTRE	TOTAL ANUAL
Total de Averías / Intervenciones	0	1	0	1	2
Costo de reparación	S/ 0.00	S/ 80.00	S/ 0.00	S/ 50.70	S/ 130.70
Flete y traslado de herramientas	S/ 0.00	S/ 50.00	S/ 0.00	S/ 50.00	S/ 100.00
Total de costo de reparación	S/ 0.00	S/ 130.00	S/ 0.00	S/ 100.70	S/ 230.70

BOMBA CENTRÍFUGA #2	I TRIMESTRE	II TRIMESTRE	III TRIMESTRE	IV TRIMESTRE	TOTAL ANUAL
Total de Averías / Intervenciones	0	1	0	1	2
Costo de reparación	S/ 0.00	S/ 80.00	S/ 0.00	S/ 50.70	S/ 130.70
Flete y traslado de herramientas	S/ 0.00	S/ 50.00	S/ 0.00	S/ 50.00	S/ 100.00
Total de costo de reparación	S/ 0.00	S/ 130.00	S/ 0.00	S/ 100.70	S/ 230.70

BOMBA CENTRÍFUGA #3	I TRIMESTRE	II TRIMESTRE	III TRIMESTRE	IV TRIMESTRE	TOTAL ANUAL
Total de Averías / Intervenciones	0	1	0	1	2
Costo de reparación	S/ 0.00	S/ 80.00	S/ 0.00	S/ 50.70	S/ 130.70
Flete y traslado de herramientas	S/ 0.00	S/ 50.00	S/ 0.00	S/ 50.00	S/ 100.00
Total de costo de reparación	S/ 0.00	S/ 130.00	S/ 0.00	S/ 100.70	S/ 230.70

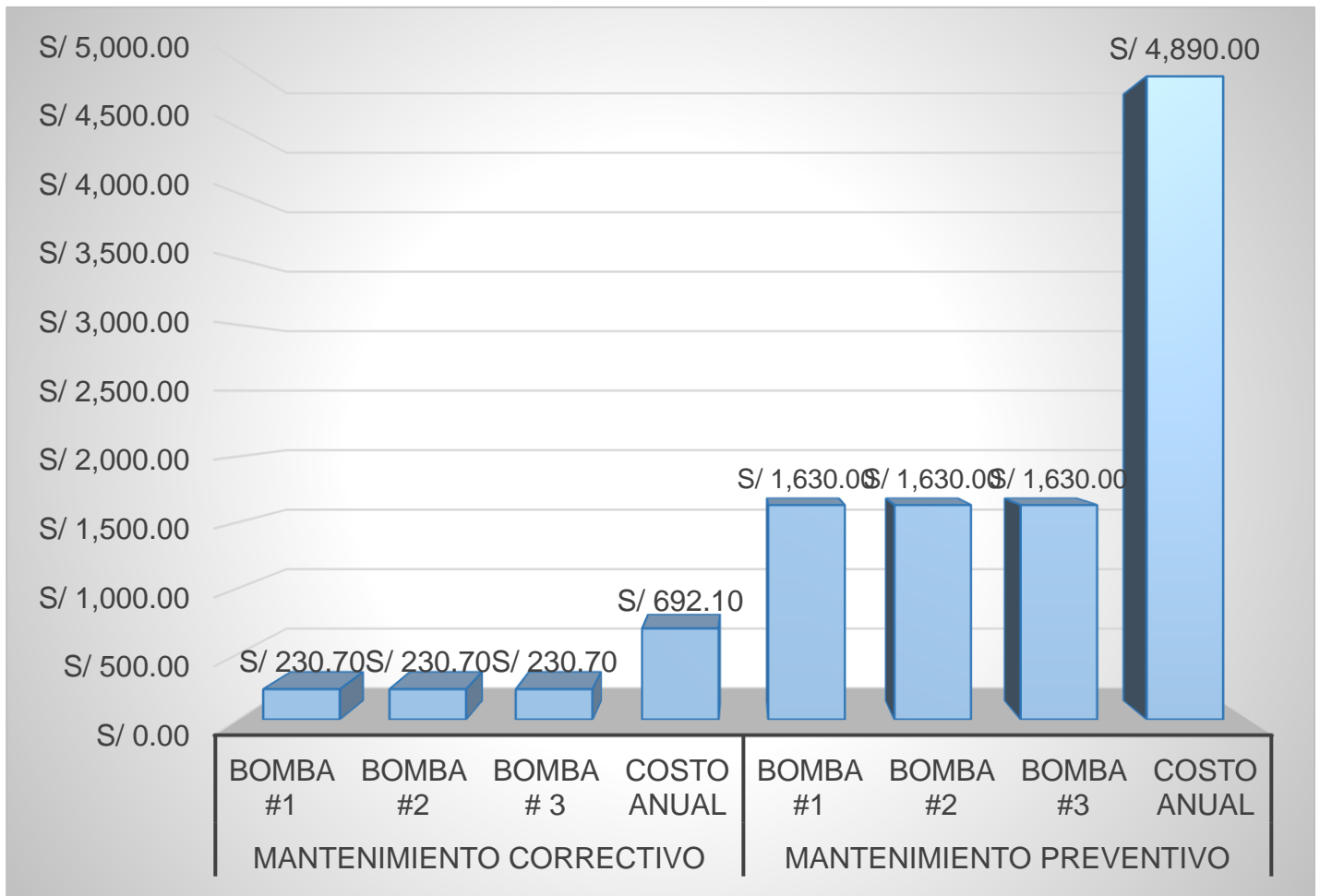
COSTOS TOTAL DE CORRECTIVOS (SUPUESTOS)			
BOMBA CENTRÍFUGA #1	BOMBA CENTRÍFUGA #2	BOMBA CENTRÍFUGA #3	COSTO ANUAL
S/ 230.70	S/ 230.70	S/ 230.70	S/ 692.10

COSTO ACTUAL ANUAL DE MANTENIMIENTO DE LAS 3 BOMBAS CENTRÍFUGAS.



Fuente: Elaboración propia

**COSTO SIMULADO ANUAL DE MANTENIMIENTO DE LAS 3 BOMBAS
CENTRÍFUGAS APLICANDO MEJORAS BASADO EN TOMA DE DECISIONES
MULTICRITERIO**



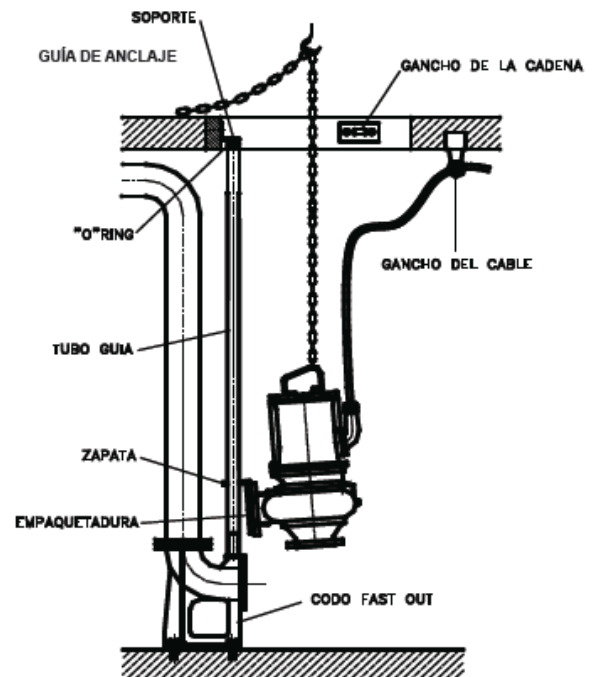
Fuente: Elaboración propia

FICHA DE REGISTRO – CRITERIO MEDIO AMBIENTAL

FICHA DE REGISTRO CRITERIO MEDIO AMBIENTAL EN MANTENIMIENTO		
RECURSOS NATURALES	SEMESTRE I	SEMESTRE II
Agua	40 L	40 L
Energía Eléctrica	6 kW	6 kW
Combustibles fósiles	1/2 Galón	1/2 Galón
Papel Toalla	4 PAQ.	4 PAQ.
NUMERO DE INCIDENTES QUE IMPACTAN EN EL MEDIO AMBIENTE		
Cantidad de incidentes reales.		1
Número de incidentes potenciales.		2
Tiempo perdido debido a la ocurrencia de incidentes reales.		1

FICHA TÉCNICA DE BOMBA CENTRÍFUGA

FICHA TÉCNICA - Bomba Centrífuga	
MARCA:	HIDROSTAL
TIPO:	Bomba Centrífuga
MODELO:	CO3Q - TB10 + CNCC2 - GSPQ - 10
APLICACIÓN:	Pluvial
POTENCIA:	7.5 HP (5.5Kw)
TENSIÓN:	380 V - Trifásico
FRECUENCIA:	60 Hz
VELOCIDAD:	3429 RPM
CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES	
CUERPO:	HIERRO FUNDIDO
IMPULSOR:	ACERO INOXIDABLE A743
SELLO MECÁNICO:	CARBONO
DIÁMETRO DE SUCCIÓN:	4 PULGADAS
DIÁMETRO DE DESCARGA:	4 PULGADAS
CAUDAL MÁXIMO:	9 l/s
ALTURA MÁXIMA DE ELEVACIÓN:	28 m
TEMPERATURA MÁXIMA:	40 ° C
PESO:	97 kg



Fuente: Catálogo web de Hidrostal (2023)

DIAGRAMA DE ISHIKAWA



Fuente: Elaboración propia

ETAPAS RELEVANTES PARA LA TOMA DE DECISIONES MULTICRITERIO

ITEMS	ETAPAS	PASOS
1	Delimitar el contexto de evaluación	Identificar problemática Identificar el objetivo principal Identificar alternativas
2	Identificar los criterios de evaluación	Los criterios a considerar deben ser esenciales, entendibles, no redundante.
3	Construcción las escalas de evaluación	Cada uno de nuestros criterios cuenta con escala de evaluación, la cual se usó la técnica multicriterio de AHP, para asignar su peso a cada uno de ellos.
4	Construcciones de funciones de valor	Se valora cada alternativa, siendo una función matemática
5	Ponderar las escalas de evaluación	Determinamos el nivel de importancia de cada criterio, en términos de escala de mayor a menor.
6	Evaluar las opciones	Se compara los resultados obtenidos para cada alternativa, escogiendo el mayor puntaje ponderado.

Fuente: El análisis multicriterio en la práctica (Sánchez, 2010)

ESCALA FUNDAMENTAL DE SAATY

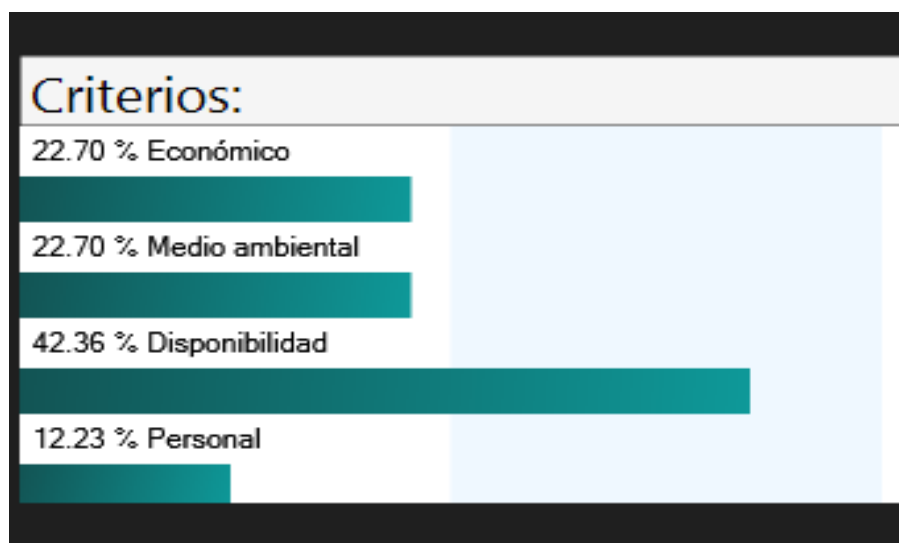
VALOR	DEFINICIÓN	COMENTARIOS
1	Igual importancia	El criterio A es igual de importante que el criterio B
3	Importancia moderada	La experiencia y el juicio favorecen ligeramente al criterio A sobre el B
5	Importancia grande	La experiencia y el juicio favorecen fuertemente al criterio A sobre el B
7	Importancia muy grande	El criterio A es mucho más importante que el B
9	Importancia extrema	La mayor importancia del criterio A sobre el B está fuera de toda duda
2,4,6,8	Valores intermedios entre los anteriores, cuando es necesario matizar.	

Fuente: Escala fundamental de comparación por pares (Saaty, 1980)

VALORACIÓN DE CADA CRITERIO EN MODELO COMPLETO DE ANÁLISIS MULTICRITERIO

Criterios	Peso	Subcriterios	Peso	Suma
Económico	0.23	Costo de mantenimiento	0.67	1
		Costo de nuevo equipo	0.33	
Medio ambiental	0.23	Recursos Naturales	0.75	1
		Incidentes medio ambiente	0.25	
Disponibilidad	0.42	Tiempo de fallos	0.33	1
		Tiempo de reparación	0.67	
Personal	0.12	Experiencia	0.5	1
		Capacitaciones y cursos	0.5	
Suma	1			

Fuente: Software de análisis multicriterio Total Decisión



Fuente: Software de análisis multicriterio Total Decisión

PLATAFORMA DE SOFTWARE “TOTAL DECISIÓN” – ANÁLISIS MULTICRITERIO

The screenshot displays the 'Total Decision' software interface. The window title is 'Total Decision - Multicriterioo 1.dahp'. The menu bar includes 'ARCHIVO', 'OPCIONES', and 'AYUDA'. The toolbar contains 'NUEVO', 'ABRIR', 'GUARDAR', and 'GUARDAR COMO...'. The main menu has 'VISTA MODELO', 'PONDERACIÓN & VALORES', 'RESULTADO', 'GRÁFICOS', and 'MONTE CARLO'. The active window is 'Construir Modelo Jerárquico', which shows a tree structure of criteria:

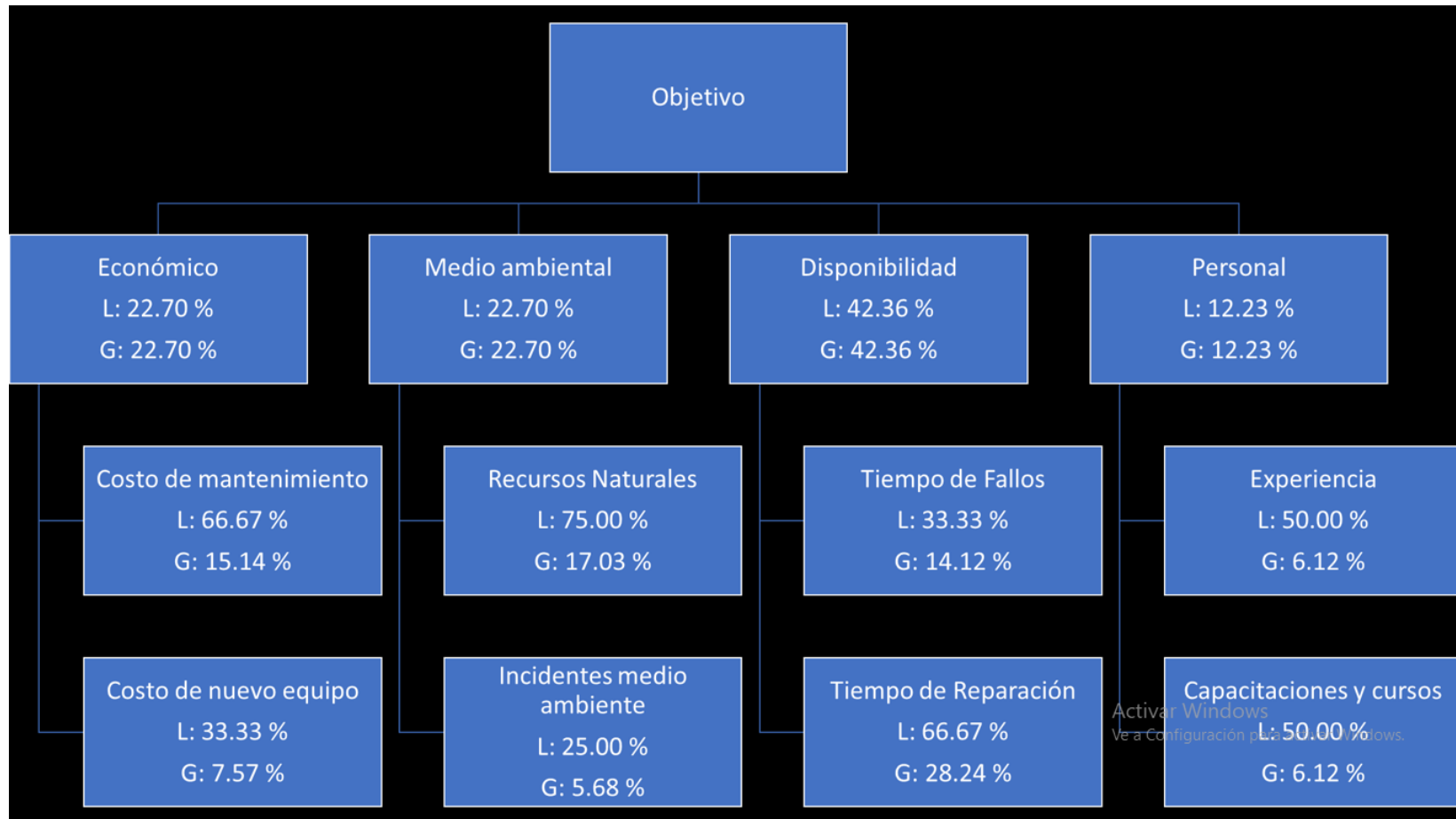
- Objetivo - Identificar los criterios relevantes para la toma de decisiones multicriterio
 - Económico
 - Costo de mantenimiento
 - Costo de nuevo equipo
 - Medio ambiental
 - Recursos Naturales
 - Incidentes medio ambiente
 - Disponibilidad
 - Tiempo de Fallos
 - Tiempo de Reparación
 - Personal
 - Experiencia
 - Capacitaciones y cursos

The 'Inserte Alternativas' panel on the right shows a list of alternatives with checkboxes:

- Semestral
- Anual
- Trimestral

Below the list are buttons for '+', 'X', and 'Renombrar'. The 'Descripción' panel is currently empty. At the bottom, there are buttons for 'Exportar Modelo' and 'Exportar Modelo Avanzado'. A watermark 'Activar Windows' is visible in the bottom right corner.

MAPA DE PONDERACIÓN DE CRITERIOS Y SUB-CRITERIOS EN SOFTWARE TOTAL DECISION



Fuente: Software de análisis multicriterio Total Decisión.

CALENDARIO 2022 DE PRECIPITACIONES EN CAJAMARCA

COMENTARIO	MES	DÍAS DE LLUVIA	HORAS AL DÍA	TOTAL HORAS DE LLUVIA				
Se registró mayores llluvias en primeras semanas	ENERO	7.4	24	177.6				
	FEBRERO	7.9	24	189.6				
Mes donde se registra pica más alto de llluvias	MARZO	9.8	24	235.2				
Día 19 mayor llluvia	ABRIL	6.8	24	163.2				
	MAYO	2.9	24	69.6				
Mes de menor presencia de llluvia	JUNIO	0.9	24	21.6				
	JULIO	0.3	24	7.2				
Día 23, día de menor llluvia	AGOSTO	0.6	24	14.4				
Poca presencia de llluvia	SETIEMBRE	2.3	24	55.2				
	OCTUBRE	6.1	24	146.4				
	NOVIEMBRE	5.9	24	141.6				
	DICIEMBRE	6.5	24	156				
<p>NOTA: Las horas de precipitación es más probable entre la(s) 14 y la(s) 15, y es menos probable entre la(s) 05 y la(s) 06.</p> <p>Legenda:</p> <table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="background-color: #ADD8E6;">Temporada + llluvia</td> <td>19 Set. al 19 Mayo</td> </tr> <tr> <td style="background-color: #90EE90;">Temporada - llluvia</td> <td>19 Mayo al 19 Set.</td> </tr> </table>					Temporada + llluvia	19 Set. al 19 Mayo	Temporada - llluvia	19 Mayo al 19 Set.
Temporada + llluvia	19 Set. al 19 Mayo							
Temporada - llluvia	19 Mayo al 19 Set.							

Fuente: Página web de Weather Spark

AUTORIZACIÓN DEL USO DE INFORMACIÓN DE LA EMPRESA

AUTORIZACIÓN DE USO DE INFORMACIÓN DE EMPRESA

Yo, **Rolando Flores Iriarte** identificado con DNI N° **07505663**, en mi calidad de Gerente de Mall Real Plaza Cajamarca de la empresa Real Plaza S.R.L con R.U.C N° 20511315922 ubicada en la ciudad de Cajamarca.

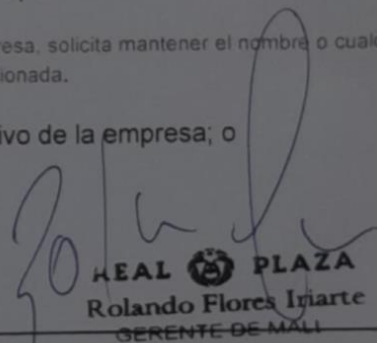
OTORGO LA AUTORIZACIÓN,

Al señor **Luis Antonio Armas Lezma** Identificado con DNI N° 47074807 de la Carrera profesional de **Ingeniería Mecánica Eléctrica**, para que utilice la siguiente información de la empresa: con la finalidad de que pueda desarrollar su () Informe estadístico, () Trabajo de Investigación, (X) Tesis para optar el Título Profesional.

(X) Publique los resultados de la investigación en el repositorio institucional de la UCV.

Indicar si el Representante que autoriza la información de la empresa, solicita mantener el nombre o cualquier distintivo de la empresa en reserva, marcando con una "X" la opción seleccionada.

- () Mantener en reserva el nombre o cualquier distintivo de la empresa; o
(X) Mencionar el nombre de la empresa.


REAL PLAZA
Rolando Flores Iriarte
GERENTE DE MALL

Firma y sello del Representante Legal

DNI: 07505663

El Estudiante declara que los datos emitidos en esta carta y en el Trabajo de Investigación, en la Tesis son auténticos. En caso de comprobarse la falsedad de datos, el Estudiante será sometido al inicio del procedimiento disciplinario correspondiente; asimismo, asumirá toda la responsabilidad ante posibles acciones legales que la empresa, otorgante de información, pueda ejecutar.



Firma del Estudiante

DNI: 47074807



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA**

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, SOVERO LAZO NELLY ROXANA, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - TRUJILLO, asesor de Tesis titulada: "Plan de mantenimiento de bombas centrífugas basado en la toma de decisiones multicriterio para aumentar su disponibilidad en Centro Comercial Real Plaza Cajamarca, 2023", cuyo autor es ARMAS LEZMA LUIS ANTONIO, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 12.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

TRUJILLO, 12 de Julio del 2023

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
SOVERO LAZO NELLY ROXANA DNI: 20048561 ORCID: 0000-0001-5688-2258	Firmado electrónicamente por: NRSOVEROS el 23- 07-2023 09:41:17

Código documento Trilce: TRI - 0587610